

# **Implementação da Metodologia Lean na Indústria de Abrasivos e Metalomecânica**

*Rui Pedro Neto da Silva Cunha*

**Dissertação de Mestrado**

Orientador na FEUP: Prof. Maria Teresa Galvão Dias



**Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica**

2016-07-04



*"Through chances various, through all vicissitudes, we make our way..."*

*Aeneid*

*Aos meus pais, irmã e namorada, por todo o apoio.*

## Resumo

Com o aumento da competitividade a nível nacional e internacional, a redução de custos e aumento de qualidade são passos cruciais para o sucesso de uma empresa. A filosofia Lean é vocacionada para obter esses resultados, fazendo uso das suas múltiplas ferramentas, para a eliminação dos desperdícios e melhoria dos fluxos de produção.

Este projeto insere-se no Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica – Opção de Gestão da Produção da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, em contexto empresarial com a XC Consultores, Lda. Através desta empresa de consultoria foram aplicadas algumas das ferramentas da filosofia Lean, em duas empresas: Indústria de Abrasivos - Saint-Gobain Abrasivos e Indústria Metalomecânica - Os Netos do Simão. No final serão avaliados os resultados da sua aplicação.

Na Saint-Gobain Abrasivos, aplicou-se as ferramentas dos 5S's, gestão visual e análise dos diagramas de esparguete às secções de embalagem e expedição, obtendo-se um aumento de produtividade de 23%. Com a implementação de um abastecedor às linhas obteve-se um aumento de produtividade em 12%, uma redução do número de *stock outs* em 89%, bem como uma redução de *stock* em 39%. Além disso foi efetuada uma reorganização do armazém de especialidades, com a implementação de um supermercado, obtendo-se uma redução das distancias percorridas em 50%.

N'Os Netos do Simão, aplicaram-se as ferramentas principalmente ao setor de curvas, com a criação células de produção e aplicando os princípios SMED e One-Piece Flow. Com isso foi possível obter um aumento de produtividade de 28%, bem como uma redução do lead time e da área ocupada em 80% e do stock intermédio em 98%. Além disso foi efetuada uma reorganização do armazém, reduzindo os espaços ocupados em 35% e eliminando o *stock* com baixa rotatividade.

Assim podemos comparar duas situações distintas, em empresas que se encontram em diferentes etapas do processo de implementação das ferramentas Lean. Em ambas foi possível obter resultados positivos, o que demonstra que a jornada Lean nunca está terminada.

# **Implementation of Lean Methodology in the Abrasives and Metalworking Industry**

## **Abstract**

With increased competitiveness at national and international level, the cost reduction and quality enhancement are crucial steps to the success of a company. The Lean philosophy is geared to achieve these results by making use of its many tools to eliminate waste and improve production flows.

This project is part of the Master in Mechanical Engineering. - Production Management Option Engineering Faculty of the University of Porto, in a business context with the XC Consultants, Ltd. Through this consulting firm were applied some of the philosophy Lean tools, in two companies: Abrasives Industry - Saint-Gobain Abrasives and Metalworking Industry - Os Netos do Simão. In the end the results of their application will be assessed.

In Saint-Gobain Abrasives, the 5S tools, visual management and spaghetti diagrams were applied to the packaging and shipping sections, yielding a 23% increase in productivity. The implementation of a line supplier yields a productivity increase of 12%, a reduction in the number of stock outs by 89% and a stock reduction of 39%. Furthermore, a reorganization of the specialties warehouse was made with the implementation of a supermarket, obtaining a reduction of the distance traveled by 50%.

In Os Netos do Simão, the tools were mainly applied to curves sector, by creating production cells and applying the principles SMED and One-Piece Flow. It was then possible to obtain a 28% increase in productivity and a reduction in lead time and occupied area by 80% and the intermediate stock by 98%. Also a reorganization of the warehouse was performed by reducing the space occupied by 35% and eliminating the stock with low turnover.

So we can compare two different situations, in companies that are at different stages of the Lean tools implementation process. In both it was possible to obtain positive results, which shows that the Lean journey is never finished.

## Agradecimentos

Em primeiro lugar, agradeço aos meus pais, pelo apoio incansável durante todo este percurso académico, todos os incentivos a querer sempre mais e melhor, sem nunca tirar os pés da terra. Agradeço todos os desafios que me ajudaram a superar durante esta jornada, bem como todas as ferramentas para um futuro melhor. Agradeço também à minha irmã, a pessoa que me obriga a ser melhor, que me mantém na linha e que está sempre presente quando é mais preciso.

Agradeço aos orientadores que apoiaram a elaboração desta dissertação, ao Engenheiro Luís Gomes, por todo o conhecimento transmitido e todo o apoio e autonomia dada durante estes projetos, e à Prof. Maria Teresa Galvão Dias, pela sua disponibilidade e pelos conselhos dados para o correto decorrer da dissertação.

À XC Consultores, Lda., pela oportunidade de fazer esta dissertação em ambiente empresarial, em especial ao Engenheiro António Cruz, pelos conselhos dados durante os projetos.

Quero também agradecer a todos os funcionários de ambas as empresas, em especial ao Sr. Martins e Sr. Machado da empresa Os Netos do Simão, bem como à Doutora Augusta e Doutora Manuela da empresa Saint-Gobain Abrasivos pela oportunidade dada, bem como todo o apoio dado durante este período.

Quero agradecer a toda a família e amigos que, direta ou indiretamente, ajudaram a realizar este trajeto.

Finalmente quero agradecer à minha namorada, Filipa, por sempre me apoiar, nos melhores e piores momentos, e pelas incansáveis correções a este documento.

A todos eles o meu mais profundo agradecimento.

# Índice de Conteúdos

1	Introdução .....	1
1.1	Enquadramento do projeto e motivação .....	1
1.2	Apresentação da XC Consultores, Lda. ....	1
1.3	Apresentação dos casos de estudo .....	2
1.3.1	Indústria de Abrasivos - Saint-Gobain Abrasivos - Norton.....	2
1.3.2	Indústria Metalomecânica - Os Netos do Simão .....	3
1.4	Método seguido no projeto .....	4
1.5	Estrutura da dissertação .....	4
2	Estado Da Arte .....	5
2.1	Filosofia Lean.....	5
2.1.1	Toyota Production System.....	6
2.1.2	Princípios Lean .....	7
2.1.3	Tipos de desperdícios.....	8
2.2	Ferramentas Lean.....	9
2.2.1	Value Stream Mapping (VSM) .....	9
2.2.2	Produção em Células.....	10
2.2.3	Metodologia 5S.....	11
2.2.4	Gestão Visual .....	12
2.2.5	<i>Kanban</i> .....	12
2.2.6	SMED – Single Minute Exchange of Dies.....	12
2.2.7	Diagrama de esparguete .....	13
2.3	Classificação ABC.....	13
2.4	Gestão de <i>Stocks</i> .....	14
3	Indústria de abrasivos - Saint-Gobain Abrasivos – Norton .....	15
3.1	Levantamento Inicial .....	15
3.1.1	Embalamento.....	15
3.1.2	Expedição .....	18
3.1.3	Armazém de especialidades.....	20
3.2	Implementação de melhorias .....	21
3.2.1	Embalamento.....	21
3.2.2	Expedição .....	26
3.2.3	Armazém de especialidades.....	28
4	Indústria de metalomecânica - Os Netos do Simão.....	30
4.1	Levantamento Inicial .....	30
4.1.1	Layout Da Fábrica .....	30
4.1.2	Corte de Plasma .....	30
4.1.3	Corte de Rolos.....	31
4.1.4	Quinadora .....	32
4.1.5	Curvas .....	32
4.1.6	União Pequenas ( $\varnothing < 125\text{mm}$ ) .....	36
4.1.7	Tubo calandrado .....	36
4.1.8	Conduas Retangulares .....	37
4.1.9	Acessórios Spiro .....	37
4.1.10	Pintura .....	38
4.1.11	Armazém .....	38
4.2	Implementação de melhorias .....	39
4.2.1	Curvas .....	39

4.2.2	Armazém .....	42
5	Conclusões e perspectivas de trabalho futuro.....	44
5.1	Perspetivas de trabalhos futuros.....	45
	Referências .....	46
ANEXO A:	Layout .....	49
ANEXO B:	Análise de tempos .....	50
ANEXO C:	VSM's.....	55
ANEXO D:	Fluxograma de produção.....	63
ANEXO E:	Simbologia VSM .....	65
ANEXO F:	Diagrama de esparguete .....	66
ANEXO G:	Análise de pareto.....	73
ANEXO H:	Kanbans.....	75
ANEXO I:	Tabelas de comparação de KPI's (Saint-Gobain Abrasivos) .....	76
ANEXO J:	Tabelas de comparação de KPI's (Os Netos do Simão).....	77
ANEXO K:	Calculo de <i>stock</i> de segurança .....	78



## Siglas

Exp. – Expedição

JIT – Just-In-Time

KPI – Key Performance Indicator (Indicadores de performance)

M.A. – Mesa de Apoio

OP – Ordem de Produção

OPF – One-Piece Flow

OPL – One Point Lesson

OT – Ordem de Trabalho

SGA – Saint-Gobain Abrasivos

TC – Tempo de Ciclo

TO – Tempo de Operação

TPS – Toyota Production System

VSM – Value Steam Mapping

## Índice de Figuras

Figura 1 - Exemplo de discos (“Saint-Gobain Abrasivos - Produtos Abrasivos” 2016). .....	2
Figura 2 – <b>1</b> – Tubo Spiro; <b>2</b> – Curva; <b>3</b> – Acessório Spiro; <b>4</b> – Bainha Pré-esforço (“Produtos - OS NETOS DO SIMÃO” 2016).....	3
Figura 3 - Comparação dos sistemas de produção (adaptado de Melton (2005). .....	5
Figura 4 - Casa TPS – adaptado de (Jeffrey K. Liker and Morgan, 2006). .....	7
Figura 5 – Adaptado de «Push vs Pull» (2016) .....	8
Figura 6 - Classificação ABC segundo valor (“Classificação ABC” 2016). .....	13
Figura 7 - Modelo de revisão contínua e periódica (“Gestão de Inventário” 2016). .....	14
Figura 8 - Fluxograma de produção .....	15
Figura 9 -Etiquetas em uso: <b>a)</b> Etiqueta de caixa; <b>b)</b> Etiqueta de produto sem caixa; <b>c)</b> Etiqueta de disco. ....	16
Figura 10 - Estado inicial da zona de embalagem e expedição. ....	16
Figura 11 - Exemplo da falta de 5S's. ....	17
Figura 12 - Posto de tiragem de etiquetas. ....	17
Figura 13 - Tempo perdido de produção por número de operadores em fila. ....	17
Figura 14 – Paletes em uso. ....	18
Figura 15 - Exemplo de produto final misturado com produtos para picking.....	19
Figura 16 - Estado final da zona de embalagem. ....	21
Figura 17 - Exemplo da definição dos locais de cada material.....	21
Figura 18 – Base móvel em uso.....	22
Figura 19 - Posto de trabalho do abastecedor.....	22
Figura 20 - Organização das etiquetas. ....	23
Figura 21 - Comparação do número de falhas de <i>stock</i> de etiquetas com o novo posto. ....	24
Figura 22 - Enrolador: <b>a)</b> Manual; <b>b)</b> Automático.....	25
Figura 23 - Comparação do estado inicial e final da secção de embalagem (Tabela 14 do Anexo I) .....	26
Figura 24 - Estado final da zona de expedição.....	27
Figura 25 - Prateleira em uso.....	27
Figura 26 - Comparação do estado inicial e final da secção de expedição (Tabela 15 do Anexo I). ....	28
Figura 27 - Kanban do supermercado em uso.....	29
Figura 28 - Comparação do estado inicial e final do armazém de especialidades (Tabela 16 do Anexo I). ....	29
Figura 29 – Fluxograma de produção simplificado d'Os Netos do Simão (Figura 60 do Anexo D). ....	30
Figura 30 - Análise dos tempos da máquina de corte de plasma (Tabela 11 do Anexo B). ....	31
Figura 31 - Análise dos tempos da máquina de corte de rolos (Tabela 12 do Anexo B). ....	31
Figura 32 - Análise dos tempos da quinadora (Tabela 13 do Anexo B). ....	32
Figura 33 - Esquema de encaixe das curvas médias e grandes: <b>a)</b> Encaixe; <b>b)</b> Cravamento.....	33
Figura 34 - Esquema de encaixe das curvas pequenas: <b>a)</b> Encaixe; <b>b)</b> Fechar curva. ....	33

Figura 35 – Passos para a produção de uma curva média e grande: <b>a)</b> Topo; <b>b)</b> Gomo; <b>c)</b> Rebaixo; <b>d)</b> Calandrar; <b>e)</b> Pingar; <b>f)</b> Beira simples; <b>g)</b> Beira dupla; <b>h)</b> Canal. ....	34
Figura 36 - Curva montada. ....	34
Figura 37 - Estado inicial da secção de curvas pequenas e médias e grandes. ....	34
Figura 38 - Exemplo da quantidade de <i>stock</i> intermédio. ....	36
Figura 39 - Exemplo de um tubo calandrado. ....	37
Figura 40 - Exemplo de um acessório spiro com aros. ....	38
Figura 41 - Espaços vazios no armazém. ....	38
Figura 42 - Comparação entre estado inicial (esquerda) e final (direita). ....	39
Figura 43 - Comparação do estado inicial e final da secção de curvas pequenas (Tabela 17 do Anexo J). ....	39
Figura 44 - Comparação dos tempos de operação da produção de curvas. ....	40
Figura 45 - Data Box da operação de beiras. ....	40
Figura 46 - Peça criada para redução dos tempos de <i>setup</i> . ....	41
Figura 47 – Beiras: <b>a)</b> simples; <b>b)</b> beira dupla. ....	41
Figura 48 - Estado final da secção de curvas médias e grandes. ....	42
Figura 49 - Comparação do estado inicial e final da secção de curvas médias e grandes (Tabela 18 do Anexo J). ....	42
Figura 50 - Comparação do estado inicial e final do armazém (Tabela 19 do Anexo J). ....	43
Figura 51 - Layout e fluxos de produção d'Os Netos do Simão (ampliado). ....	49
Figura 52 - VSM das Conduitas Retangulares. ....	55
Figura 53 - VSM das Curvas Pequenas ( $\varnothing < 125\text{mm}$ ). ....	56
Figura 54 - VSM das Curvas Médias ( $125\text{mm} < \varnothing < 500\text{mm}$ ). ....	57
Figura 55 - VSM das Curvas Grandes ( $\varnothing \geq 500\text{mm}$ ). ....	58
Figura 56 - VSM da Secção de Tubo Calandrado. ....	59
Figura 57 - VSM da Secção de Uniões. ....	60
Figura 58 - VSM das Curvas Pequenas ( $\varnothing < 125\text{mm}$ ) – Novo. ....	61
Figura 59 - VSM das Curvas Médias ( $125\text{mm} < \varnothing < 500\text{mm}$ ) – Novo. ....	62
Figura 60 – Fluxograma de produção d'Os Netos do Simão. ....	63
Figura 61 - Fluxograma de produção embalagem inicial. ....	64
Figura 62 - Fluxograma de produção embalagem final. ....	64
Figura 63 – Exemplos de simbologia VSM adaptado de Braglia et al., (2006) e Jasti and Sharma, (2014). ....	65
Figura 64 – Diagrama de esparguete da zona de embalagem (CAD). ....	66
Figura 65 - Estado inicial da zona de expedição (CAD). ....	66
Figura 66 - Layout do armazém de especialidades. ....	67
Figura 67 - Estado final da zona de embalagem (CAD). ....	67
Figura 68 - Estado final da zona de expedição (CAD). ....	67
Figura 69 - Estado final do setor de embalagem e expedição. ....	68
Figura 70 - Distância ao produto mais vendido. ....	68
Figura 71 - Diagrama esparguete da secção de curvas médias e grandes. ....	68
Figura 72 - Diagrama esparguete da secção de curvas pequenas. ....	69

Figura 73 - Diagrama esparguete da secção de uniões. ....	69
Figura 74 - Diagrama esparguete da secção de tubo calandrado. ....	70
Figura 75 - Estado final da secção de curvas pequenas (CAD). ....	70
Figura 76 - Estado final da secção de uniões. ....	71
Figura 77 – Estado final da secção de curvas médias e grandes (CAD). ....	71
Figura 78 - Diagrama esparguete da secção de condutas retangulares. ....	72
Figura 79 – Análise pareto relativo ao consumo de etiquetas. ....	73
Figura 80 - Análise de pareto relativo ao consumo de matéria-prima. ....	74
Figura 81 - Análise de pareto relativo ao custo de matéria-prima. ....	74
Figura 82 - Exemplo de Kanbans para a etiquetas. ....	75
Figura 83 - Cartão kanban para produção. ....	75

## Índice de Tabelas

Tabela 1 - Adaptado de Ghosh and Offodile (2015) e (Wemmerlov, 1989). .....	11
Tabela 2 – KPI's iniciais da secção de embalagem.....	18
Tabela 3 – KPI's iniciais da secção de expedição. ....	19
Tabela 4 - KPI's iniciais do armazém de especialidades. ....	20
Tabela 5 – KPI's finais dos tempos de enrolar etiquetas. ....	25
Tabela 6 – KPI's finais da secção de embalagem. ....	25
Tabela 7 - KPI's finais da zona de expedição. ....	27
Tabela 8 - Dados relativos ao setor das curvas.....	35
Tabela 9 - Tempos de embalagem de discos. ....	50
Tabela 10 - Tempos de embalagem de rolos. ....	51
Tabela 11 - Tempos da máquina de corte de plasma. ....	52
Tabela 12 - Tempos da máquina de corte de rolos. ....	53
Tabela 13 - Tempos da quinadora. ....	54
Tabela 14 - Comparação dos KPI's da secção de embalagem. ....	76
Tabela 15 - Comparação dos KPI's da secção de expedição. ....	76
Tabela 16 - Comparação dos KPI's do armazém de especialidades. ....	76
Tabela 17 - Comparação dos KPI's da secção de curvas pequenas. ....	77
Tabela 18 - Comparação dos KPI's da secção de curvas médias e grandes. ....	77
Tabela 19 - Comparação dos KPI's do armazém. ....	77
Tabela 20 – Calculo de <i>stocks</i> segurança .....	78
Tabela 21 – Média e desvio-padrão para os produtos de especialidades .....	79

# **1 Introdução**

## **1.1 Enquadramento do projeto e motivação**

A chegada da crise económica e o aumento de competitividade a nível mundial, impôs a obrigatoriedade de redução dos custos, otimizando todos os processos produtivos. Esta mudança de paradigma visa manter a qualidade do produto, entregando ao cliente, o que quer, quando quer e na quantidade que quer. Por outro lado, evolução do mercado para produtos cada vez mais customizados exigiu uma mudança de processos, mais flexíveis e com lotes de produção bastante mais reduzidos (Adler et al., 1999).

Foram estas exigências que contribuíram para o desenvolvimento das ferramentas necessárias, à gestão da produção. O setor automóvel do mercado Japonês foi o pioneiro na aplicação destes conceitos. Eles foram essenciais ao desenvolvimento das ferramentas necessárias à produção de automóveis, mais baratos e com maior qualidade. Assim surge a filosofia Lean, uma nova maneira de gerir a produção (Womack et al., 1990).

Através da empresa de consultoria, XC Consultores, serão aplicadas algumas das ferramentas da filosofia Lean em duas empresas: Indústria de Abrasivos -Saint-Gobain Abrasivos -Norton e Indústria Metalomecânica -Os Netos do Simão. No final serão avaliados os resultados da sua aplicação.

Esta filosofia que será a base desta dissertação.

## **1.2 Apresentação da XC Consultores, Lda.**

Sediada no Porto, a XC Consultores iniciou a sua atividade em 1996, mas apenas em 2005 iniciou a implementação das metodologias Lean. É uma empresa multinacional, estando presente em Portugal e no Brasil. Iniciou projetos em Espanha, Polónia, República do Congo e nas Regiões Autónomas da Madeira e dos Açores. Esta empresa presta serviços de consultoria, com a implementação de melhorias na produtividade, visando a satisfação dos clientes.

A sua missão é “Criar valor aos clientes, colaboradores e acionistas, garantindo inovação e excelência nos processos e serviços, sustentada em relações de confiança.”

Para isso segue 7 passos fundamentais:

- Orientação para o Cliente;
- Respeitar a cultura do Cliente;
- Idoneidade;
- Espírito de Equipa;
- Confidencialidade;

- Inovação e Qualidade;
- Flexibilidade.

Para identificar as atividades que acrescentam valor e distingui-las das que são desperdício, as equipas da XC Consultores recorrem às ferramentas do Lean *Manufacturing*, para garantir uma vasta gama de soluções que permitem aos seus consultores obter o sucesso pretendido.

### 1.3 Apresentação dos casos de estudo

#### 1.3.1 Indústria de Abrasivos - Saint-Gobain Abrasivos - Norton

O grupo Saint-Gobain foi criado em 1665, em França, originalmente como produtor de vidros e participação da construção do Palácio de Versalhes. Em 1688 torna-se líder incontestável com a invenção do processo de vidro estirado em mesa. A partir de 1850 inicia a sua expansão na Europa, com operações na Alemanha, Itália, Bélgica e Espanha. A partir de 1900 surgem novos mercados e novos produtos, tornando-se num grupo diversificado. Depois dos anos 70 sofreu algumas alterações estruturais na sua organização e entrou no mercado da construção.

A empresa Saint-Gobain Abrasivos (SGA) faz parte do grupo Saint-Gobain desde 1988 e surgiu da aquisição da empresa Lima Teixeira e Lima. A empresa SGA insere-se na área de materiais de alta performance e produz abrasivos, da família revestidos ou *coated* (Figura 1).



Figura 1 - Exemplo de discos (“Saint-Gobain Abrasivos - Produtos Abrasivos” 2016).

A Saint-Gobain Abrasivos produz apenas quando tem encomendas, num sistema *pull*, o que retira preocupações com *stock* de produto acabado e, com o planeamento antecipado da produção.

A sua política de entrega do material em cinco dias exige uma grande flexibilidade, para conseguir satisfazer as exigências dos seus clientes, razão pela qual já foram implementadas muitas das ferramentas Lean.

Tendo por base uma preocupação de melhoria contínua, a Direção da empresa apontou duas zonas de intervenção, onde foi realizado este projeto: secção de embalagem e expedição de produto acabado, onde era recorrente a baixa produtividade e armazém de especialidades (produto não fabricado no local) onde era evidente a sua desorganização.

Assim foram definidos os seguintes objetivos para a intervenção na secção de embalagem e expedição de produto acabado teve como objetivos:

- Analisar toda a cadeia de abastecimento do setor;
- Melhorar a produtividade da secção.

- A intervenção no armazém de especialidades teve como objetivo:
- Controlar os *stocks*;
- Eliminar os desperdícios;
- Definir as posições da matéria-prima (em sistema de supermercado),
- Criar um sistema de abastecimento desse supermercado.

### 1.3.2 Indústria Metalomecânica - Os Netos do Simão

A empresa Os Netos do Simão teve a sua origem em 1980, inicialmente chamada José Machado & Irmão, Lda., como oficina de pichelaria. Em 1989 adquiriu uma máquina para fabricação de tubo Spiro, uma das primeiras em Portugal. Esta aquisição permitiu a sua mudança da área de pichelaria para a área de metalomecânica, mais concretamente, na área de fabricação de condutas, acessórios e componentes para sistemas de AVAC e despoejamento, tal como a fabricação de bainhas pré-esforço (Figura 2). Foi responsável por grandes obras quer a nível nacional (Aeroporto de Lisboa e a Auto Europa Palmela), quer a nível internacional (Arena 92, Aeroville e Tour Pacific).

Apenas em 1991 o nome Os Netos do Simão entra em vigor e, em 2012 adquire a Certificação do Sistema de Gestão da Qualidade, NP EN ISO 9001:2008.

A missão da empresa é *“Desenvolver, produzir e comercializar produtos destinados ao AVAC, com tecnologia adequada e qualidade superior, visando a satisfação dos clientes, o respeito pelo indivíduo, pela sociedade e pelo meio ambiente.”*



Figura 2 – 1– Tubo Spiro; 2 – Curva; 3 – Acessório Spiro; 4 – Bainha Pré-esforço (“Produtos - OS NETOS DO SIMÃO” 2016).

A falta de espaço e baixa produtividade nas várias secções foram os principais problemas apontados pela Direção da empresa. Embora fosse evidente a necessidade de intervenção nas várias secções da empresa, seria difícil aplicação da filosofia Lean a todos os processos produtivos, em tão curto espaço de tempo (devido à duração do projeto). Após a análise do estado inicial de todas as secções, foi seleccionada área de intervenção, considerada de maior importância, a secção das curvas. Esta secção tinha um *stock* intermédio alto e maior possibilidade de redução a área ocupada.

Foram traçados os seguintes objetivos para secção de curvas:

- Reduzir os desperdícios;



- Controlar os custos;
- Reduzir a área ocupada;
- Reduzir o *lead time*.

#### 1.4 Método seguido no projeto

Inserido num ambiente empresarial, pretende-se com este trabalho aumentar a produtividade e melhorar o nível de serviço das empresas envolvidas. Para isso o projeto foi desenhado em três fases: avaliação inicial; planeamento e implementação.

##### **Avaliação inicial**

Na SGA, foi observado o funcionamento da secção de embalagem e expedição, de forma a perceber os problemas existentes e feito o levantamento da situação inicial. Para tal foram analisados os tempos de embalagem e de *picking*.

N'Os Netos do Simão, tendo em conta que o projeto era de maior amplitude, foi feito o levantamento inicial a todas as secções da empresa, tendo sido selecionada aquela que tinha maior urgência de intervenção.

##### **Planeamento**

Nesta fase foi desenvolvido um plano de ação, com recurso às ferramentas da metodologia Lean, que foi discutido com a direção das empresas. Todas as propostas de melhoria foram discutidas com os funcionários, ajustando-as de acordo com as suas necessidades.

##### **Implementação**

Além das melhorias dos processos tentou-se, acima de tudo, a implementação da mentalidade de melhoria contínua e o envolvimento de todos os operadores nas mudanças, pois só com a adaptação de todos os membros da organização é que podemos realmente ter sucesso (Jiménez et al., 2015).

Após serem implementadas os resultados obtidos foram apresentados à direção das respetivas empresas e, discutidas as próximas implementações de melhoria.

#### 1.5 Estrutura da dissertação

Esta dissertação está dividida em 3 grandes secções. A primeira é o estudo dos conceitos e metodologias aplicadas ao longo deste projeto, descrito no capítulo 2 como estado da arte.

A descrição do estado inicial e final das duas empresas envolvidas no projeto está desenvolvida nos capítulos 3 e 4. Nestes foram definidos os *key performance indicator* (KPI) para a análise da evolução ao longo do projeto, bem como uma comparação final entre os dois.

No capítulo 5 estão apresentadas as conclusões obtidas das duas empresas, bem como algumas perspetivas de trabalhos futuros.

## 2 Estado Da Arte

Este capítulo tem como objetivo descrever o estado da arte da filosofia Lean, através de uma pesquisa e revisão bibliográfica. Ao longo do capítulo são identificados os princípios e origem da filosofia Lean, bem como algumas das ferramentas e técnicas usadas.

Com o aumento da competitividade a nível global, as empresas procuram cada vez mais novas soluções para aumentar a sua margem de lucro. Para tal foram desenvolvidas diversas teorias, das quais se destaca a filosofia Lean (Jeffrey K. Liker and Morgan, 2006). Esta abrange um grande número de métodos de produção, tais como, *Just-In-Time* (JIT), células de produção, gestão dos fornecedores e gestão de qualidade de uma forma integrada (Ward, 2002).

### 2.1 Filosofia Lean

A filosofia Lean teve origem no Japão em 1940, baseando-se no Toyota Production System (TPS) mas, foi no livro *“The machine that changed the world”* (Womack et al., 1990) que o termo Lean foi primeiramente utilizado.

Este sistema teve como finalidade tornar a produção num fluxo contínuo, com *lead times* baixos (tempo desde a encomenda até à entrega de um produto). Para isso foi necessária uma mudança de paradigma em relação ao método ocidental, que ainda se baseava na produção em massa (Figura 3). Essa mudança surgiu após conclusão de que, apenas parte do tempo total de produção agrega valor ao cliente (Melton, 2005).

	<i>Produção em massa</i>	<i>Produção lean</i>
<b>Base</b>	Henry Ford	Toyota
<b>Pessoas - Design</b>	Profissionais pouco qualificados	Equipas de operadores multifacetados em todos os níveis da organização
<b>Pessoas - Produção</b>	Operadores não qualificados ou semiqualeificados	Equipas de operadores multifacetados em todos os níveis da organização
<b>Equipamento</b>	Dispendioso, com um único propósito	Sistemas manuais e automatizados que conseguem produzir grandes volumes com grande variedade de produtos
<b>Métodos de produção</b>	Grandes volumes de produtos standard	Produzir apenas o que o cliente encomendou
<b>Filosofia Organizacional</b>	Hierarquizada - A gestão têm a responsabilidade	Delegação de responsabilidade na hierarquia da organização
<b>Filosofia</b>	Tentar ser "Suficientemente bom"	Atingir a perfeição

Figura 3 - Comparação dos sistemas de produção (adaptado de Melton (2005)).

A definição de produção Lean adquire diferentes definições conforme os autores. Segundo Liker (1997) é uma filosofia que, quando implementada, reduz o tempo entre a chegada da encomenda e a sua satisfação, reduzindo todos os desperdícios ao longo do fluxo de produção. No entanto, segundo Womack et al. (1990), a produção Lean consiste em fazer mais com menos recursos, menos espaço, menos *stock* e menos esforço humano. Ainda segundo Womack et al. (1990), a produção Lean sugere uma forma distinta de realizar os trabalhos que, simultaneamente, permite produzir mais variedade de produtos, com melhor qualidade e mais baixos custos. Outro dos pontos importantes da filosofia Lean é a responsabilização dos

operadores na produção, dando-lhes mais liberdade e mais independência para fazerem o seu trabalho.

Segundo Liker (1997) a produção Lean é um processo contínuo, sem ter um fim definido, em que o objetivo final é a redução de todo o processo que não acrescenta valor, ou seja, eliminar todos os desperdícios do processo. Este objetivo é dinâmico, está constantemente em alteração, sendo todo este processo de melhoria contínua.

Previamente considerava-se que para melhorar dois dos três pontos da produção, qualidade, prazo de entrega e custos, teríamos de aumentar o restante. Assim para aumentarmos a qualidade e reduzirmos o prazo de entrega, teríamos de aumentar os custos. Com a aplicação desta filosofia, conseguimos obter mais qualidade, prazos de entrega mais curtos e menores custos de produção.

### 2.1.1 Toyota Production System

Tal como já foi referido, a produção Lean teve origem no Toyota Production System (TPS) (Ohno, 1988), desenvolvido para a indústria automóvel de onde, devido ao seu impacto, foi adaptado e propagado para outras áreas.

Foi nos anos 80 que a Toyota se tornou um exemplo de produção para todos os outros fabricantes de automóveis. Os seus automóveis exigiam menos manutenção e tinham uma duração significativamente maior quando comparando com os restantes veículos.

Com o final da Segunda Guerra Mundial, a economia japonesa estava em rotura, quando Toyoda Kiichiro (1894-1952) decidiu transferir Taiichi Ohno (1912-1990) para a Toyota Motor Company, onde lhe foi permitido fazer as alterações necessárias para melhorar a produção das linhas. Para isso, Ohno foi visitar os Estados Unidos da América de forma a compreender as técnicas utilizadas.

Segundo Ohno (1988), eram necessários 9 operadores japoneses para efetuar o mesmo trabalho, no mesmo tempo que um operador americano. Assim percebeu que os japoneses tinham um grau de desperdício muito elevado, e que se conseguisse eliminá-lo a produção aumentaria por um fator de 10. Estes foram os primeiros passos na criação do TPS.

Numa época onde a produção em massa estava em alta, devido às suas características (eliminação dos tempos de *setup*, economia de escala, etc.), Ohno percebeu que a procura estava a aumentar no sentido dos produtos personalizados, e assim verificou a necessidade de aumentar a flexibilidade da produção e eliminar todos os desperdícios da cadeia de abastecimento.

*“Tudo o que estamos a fazer é observar a linha temporal a partir do momento em que o cliente nos faz um pedido até ao momento em que recebemos o dinheiro. E estamos a reduzir esse tempo, removendo todas as tarefas que não agregam valor.”* (Ohno, 1988).

Esta situação levou a Toyota a rever todos os seus processos e a compreender que, com a redução do lead-time, conseguiria diminuir o tempo de resposta aos clientes, uma melhor produtividade e uma melhor utilização dos equipamentos e espaços (Jeffrey K Liker, 2003). Todos estes fatores fizeram da Toyota uma referência mundial nos métodos de produção.

De forma a facilitar a o entendimento da filosofia TPS, Ohno optou por representar uma casa, pois uma casa apenas é forte se todos os seus elementos o forem. Como podemos analisar pela Figura 4, a casa TPS tem como pilares o JIT e o *Jidoka* (automação), tendo todas as ferramentas Lean como base (Jeffrey K Liker, 2003).

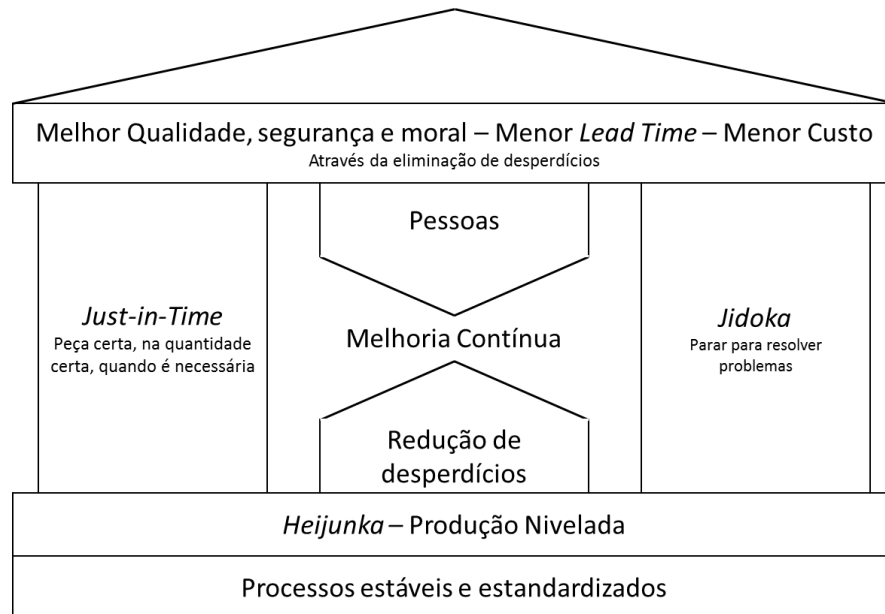


Figura 4 - Casa TPS – adaptado de (Jeffrey K. Liker and Morgan, 2006).

Esta situação permitiu o nascimento das ferramentas e metodologias, que depois de melhoradas e consolidadas, formam agora a filosofia lean.

### 2.1.2 Princípios Lean

Enquanto no livro “*The machine that changed the world*” (Womack et al., 1990) foram apresentados os princípios da indústria japonesa, foi na sua revisão “*Lean thinking: banish waste and create wealth in your corporation*” (Womack and Jones, 2010) que foram definidos os cinco princípios base da filosofia Lean, princípios que, se bem implementados, são responsáveis pela redução dos desperdícios.

#### Valor

Esta é o primeiro princípio para implementar a filosofia Lean. Consiste em observar o processo do ponto de vista do cliente, para definir o que adiciona ou não valor. Assim podemos definir o que é desperdício, ou seja, tudo aquilo a que o cliente não se dispõe a pagar, e por isso deve ser eliminado.

#### Fluxo de valor

Também denominado cadeia de valor, este princípio consiste em identificar todos os processos, desde do fornecimento de matéria-prima, até a chegada do produto ao cliente final. Esses processos devem estar identificados numa das três categorias:

- Acrescentam valor;
- Não acrescentam valor, mas são necessários;
- Não acrescentam valor.

Após a categorização dos processos, os que pertencem à última categoria devem ser prontamente eliminados, pois são considerados desperdícios.

#### Fluxo

Após a análise do processo e a eliminação dos desperdícios, o princípio seguinte destina-se à organização do processo produtivo, ou seja, a implementar uma ordem de processos contínuos sem esperas, sem interrupções e sem *stocks* intermédios.

## Sistema puxado

Também chamada de sistema *pull*, é um sistema em que as encomendas dos clientes criam as ordens de produção, ou seja, puxam pela produção. Isso é essencial para a redução de *stocks* e sobreprodução, ao contrário do que acontecia na produção *push*. Na Figura 5 verificamos algumas das vantagens associadas à produção *pull*.

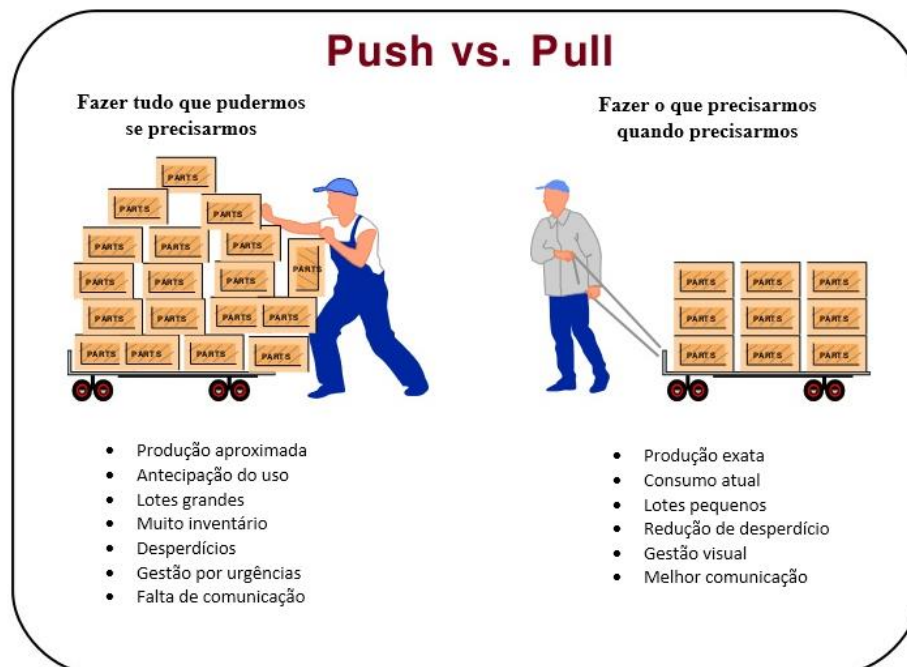


Figura 5 – Adaptado de «Push vs Pull» (2016)

## Melhoria contínua

Este princípio, também chamado de *Kaizen*, consiste na busca da perfeição. A filosofia Lean é uma jornada de eliminação de desperdícios sem final, pois é sempre possível melhorar mais o processo, e assim adicionar valor ao produto, na ótica do cliente (Jeffrey K. Liker and Morgan, 2006).

Estes passos não devem ser encarados como um percurso rígido a seguir, mas sim um guia para a melhoria contínua.

### 2.1.3 Tipos de desperdícios

Também denominados de *muda*, palavra de origem japonesa, está associada aos 7 tipos de desperdícios inicialmente definidos por Ohno (1988):

- **Sobreprodução** – também designado por excesso de produção. Acontece quando a produção não é gerida corretamente, ou seja, é produzido mais do que é necessário, levando a aumentos de custo de armazenamento, tanto de matéria-prima como de produto acabado. Isso acontece para prevenir potenciais aumentos na procura ou peças defeituosas.
- **Espera** – Consiste no tempo em que o operador, materiais ou equipamentos se encontram parados, não acrescentando valor. Este *muda* ocorre quando a linha não é corretamente balanceada ou com a existência de defeitos ou falta de matéria-prima nos prontos anteriores da cadeia de abastecimento.
- **Transporte** – Durante o transporte de peças, em qualquer momento do processo de produção, não está a ser acrescentado valor. O tempo de transporte aparece

maioritariamente nas empresas onde há grande distância entre postos de trabalho. Logo todos os transportes de peças não essenciais devem ser eliminados, e as distâncias percorridas reduzidas ao máximo. Isso faz com que o consumo de tempo por parte dessas atividades diminua, bem como o risco de danificar uma peça durante a sua movimentação.

- **Stock** – Mais concretamente o excesso de stock, resulta do *muda* anterior da sobreprodução, levando a que os problemas existentes continuem “escondidos” como absentismo, falta de comunicação, problemas de qualidade, entre outros. A existência de *stock* também desencoraja a comunicação de problemas, pois existe sempre produto a mais, bem como esconde os problemas como falta de qualidade, capacidade do processo, entre outros. Numa filosofia Lean, quando aparece um problema, este tem de ser identificado e corrigidas as causas do mesmo, e não “escondê-lo” criando mais *stock*.
- **Processos inadequados** – Refere-se aos processos onde são efetuadas tarefas desnecessárias, ou que não estavam previstas na definição dos mesmos. Este desperdício pode surgir devido à falta de normalização dos processos, ou, no caso de estes serem normalizados, já se terem tornado obsoletos. Outros exemplos deste tipo de desperdício são os tempos perdidos devido ao uso da ferramenta errada ou à falta de formação do operador.
- **Movimentos** – Este tipo de desperdício resulta do excesso de movimentações por parte dos operadores, ou seja, todos os movimentos que não acrescentam valor ao produto. Alguns exemplos são a localização de ferramentas, máquinas muito afastadas umas das outras, entre outros. Estas ocorrem devido a uma falta de organização e limpeza do local de trabalho, bem como a ausência da adaptação do *layout* para promover a sua redução.
- **Não conformidade** – A existência de não conformidades é responsável por muitos custos nem sempre visíveis. Como custos visíveis temos a perda de matéria prima ou o retrabalho, e como “invisíveis” temos o excesso de stock, falta de instruções de trabalho, falhas de peças ou material, procedimentos desnecessários ou mesmo incorretos, entre outros. Estes custos vão acumulando conforme o tempo sem que as causas sejam detetadas aumenta.

Para além dos sete tipos de desperdícios acima descritos, alguns autores defendem a existência de um oitavo (Jeffrey K. Liker, 2007):

- **Não aproveitamento de ideias** – Cada vez menos recorrente nos dias de hoje, ainda é bastante usual. Este ocorre quando as ideias dos operadores são ignoradas para a melhoria dos processos. A frase “*Não te pagamos para pensares!*” demonstra perfeitamente essa filosofia. Este tipo de desperdício é de grande importância, pois, são os operadores que lidam diariamente com todos os desperdícios, e sendo uma parte fulcral do processo, também devem ter as suas propostas de melhoria ouvidas, não só para aumentar a produtividade, mas também para facilitar o trabalho.

## 2.2 Ferramentas Lean

De seguida serão apresentadas as das ferramentas Lean usadas durante esta dissertação.

### 2.2.1 Value Stream Mapping (VSM)

VSM é uma representação gráfica de todos os fluxos de material e informação de um processo, de modo a facilitar potenciais melhorias, eliminação de desperdícios e melhorar o fluxo de valor (Keyte and Locher, 2004).

O VSM é uma ferramenta muito útil para a implementação da filosofia Lean. Segundo Rahani and Al-Ashraf (2012), a sua implementação consiste em 3 passos: análise do fluxo de material e informação inicial, desenho do VSM futuro e finalmente a implementação de melhorias. Outros autores sugerem um quarto passo, prévio aos outros três, consistindo na definição da família de produtos (Rother and Shook, 2003). Este passo é importante para simplificar o VSM, facilitando assim a sua leitura.

### **1º Fase – Definição de família de produtos**

Considera-se uma família um conjunto de produtos que passam por processos semelhantes durante a sua produção.

### **2º Fase – Definição do VSM inicial**

Consiste na representação do estado inicial de todos os fluxos de material e informação.

### **3º Fase – Definição do VSM final**

Consiste na representação do estado inicial de todos os fluxos de material e informação. Este processo é feito em simultâneo com o anterior, pois é durante a análise do processo atual que se encontram potenciais melhorias.

### **4º Fase – Implementação das melhorias**

Consiste na implementação de todas as melhorias encontradas durante a fase anterior. Esta não significa o fim do processo, mas o início do ciclo seguinte, iniciando-se na 2º fase e tentando sempre melhorar os processos.

Uma das vantagens do VSM é o uso de simbologia universal (Figura 63 do Anexo E), que permite identificar rapidamente, as atividades de valor acrescentado.

## **2.2.2 Produção em Células**

A produção em células é um conjunto de máquinas diferentes, próximas uma das outras, dedicadas à produção de uma família de produtos. Essa família tem processos semelhantes de produção (Wemmerlov, 1989).

O objetivo de uma célula de produção é a redução de tempos de *setups* (tempo desde que sai a ultima peça da produção anterior até que sai a primeira peça da seguinte (Trevino et al., 1993)) e o tempo de ciclo, eliminando os desperdícios relacionados com transporte e movimentos. Também permite a fabricação de lotes mais pequenos, diminuindo o stock em curso e assim diminuir o tempo de resposta ao cliente. Estas são normalmente em U ou O (Pavnaskary et al., 2003).

Ballakur and Steudel (1987) definem objetivos para a implementação da produção em células:

- Minimizar os movimentos;
- Minimizar o número de máquinas;
- Maximizar a utilização das máquinas;
- Minimizar a duplicação de máquinas;
- Maximizar o número de processos feitos na célula para atingir o produto final;
- Maximizar o número de partes produzidas por células;
- Minimizar os custos de produção (reduzir inventário e tempos de *setup*);
- Minimizar o tempo de processo;
- Minimizar atrasos.

Tabela 1 - Adaptado de Ghosh and Offodile (2015) e (Wemmerlov, 1989).

	<b>Melhoria média (%)</b>	<b>Melhoria mínima (%)</b>	<b>Melhoria máxima (%)</b>
<i>Redução de tempos de deslocação</i>	61,3	15	99
<i>Redução de tempos até saída da primeira peça</i>	61,2	12,5	99,5
<i>Redução de lead time</i>	50,1	0	93,2
<i>Redução de stock intermédio</i>	48,2	10	99,7
<i>Redução de tempos de setup</i>	44,2	0	96,6
<i>Redução de stock de produto acabado</i>	39,3	0	100
<i>Melhoria de qualidade</i>	28,4	0	62,5
<i>Redução de custo</i>	16	0	60

### 2.2.3 Metodologia 5S

Esta metodologia pode parecer ser definida por apenas boa arrumação, mas após uma análise mais cuidada, podemos observar que se trata de uma mudança de mentalidade, para trabalhar com ordem sempre, e não apenas após a arrumação.

Permite também uma gestão visual das condições de trabalho, bem como a deteção da ausência de qualquer ferramenta necessária. São a base para a melhoria contínua com uma forma sistemática de melhorar o local de trabalho.

A aplicação desta metodologia tem vantagens na organização, segurança e eficiência dos processos, através da eliminação de defeitos, erros e acidentes (Chiarini, 2012).

Esta metodologia teve o seu nome devido às cinco palavras japonesas que a descrevem:

- **Seiri (Triagem)** – Manter apenas as ferramentas do posto de trabalho que são necessárias para as operações de produção, eliminando todas as restantes;
- **Seiton (Arrumação)** – Definir a localização de todas as ferramentas restantes do passo anterior, de modo a que sejam facilmente utilizados e arrumados;
- **Seiso (Limpeza)** – Consiste na limpeza do posto de trabalho, das máquinas e ferramentas de forma a localizar qualquer anomalia, quer nas máquinas, quer nas ferramentas;
- **Seiketsu (Normalização)** – Consiste em definir todos os processos para manter os 3S's anteriores de forma a facilitar o seu cumprimento;
- **Shitsuke (Disciplina)** – Consiste em ter a disciplina de manter todos os passos anteriores, criando auditorias ao posto de trabalho.

Todas as etapas têm de seguir a ordem anterior e são essenciais para a implementação desta metodologia. Após a aplicação obtemos ganhos nos tempos de mudança, redução de desperdícios e de deslocações pelos operadores (Melton, 2005).



### 2.2.4 Gestão Visual

Um dos grandes desafios para a produção cada vez mais eficiente é a transmissão de informação. Torna-se então fundamental criar sistemas de transmissão de informação entre diferentes setores. É para colmatar esse problema que surge a gestão visual.

O grande objetivo da gestão visual é o de tornar visível todos os processos e tarefas, de forma a garantir uma troca de informação rápida e eficaz. Para isso pode-se recorrer ao uso de gráficos, listas e indicadores de performance relevantes à produção, de modo a que se consiga detetar qualquer problema do chão da fábrica e assim atuar sobre ele (Greif, 1991).

Segundo Greif (1991), a exposição da informação não é suficiente, sendo necessária a sua compreensão. Para isso é necessário formar os operadores de modo a que possam compreender toda a informação exposta, independentemente da posição hierárquica ou habilitações.

### 2.2.5 Kanban

Um sistema de controlo *kanban* (palavra japonesa que significa cartão de sinalização ou instrução) recorre a uma sinalização para regular os fluxos operacionais (Chase et al., 2001).

Pertence ao leque de ferramentas utilizadas na gestão visual, permitindo facilmente coordenar a produção, transporte e recolha de produtos. Ohno (1988) divide a informação fornecida pelo *kanban* em 3 categorias:

- *Kanban* de recolha;
- *Kanban* de transporte;
- *Kanban* de produção.

Tanto o *kanban* de recolha como o de transporte fornecem informação ao processo seguinte, sobre a quantidade de produto a utilizar (*push*). No entanto o *kanban* de produção fornece informação ao processo anterior, indicando a sequência e quantidade de produto a passar para o processo seguinte (*pull*).

As principais vantagens do uso de *kanbans* são a prevenção de excesso de produção, produtos defeituosos e revelação da existência de eventuais problemas no controlo do *stock*. As quantidades definidas para os *kanban* podem ser mal dimensionadas (aumento ou redução súbita da procura, produção desnivelada, entre outros), e assim o não aproveitamento das vantagens.

### 2.2.6 SMED - Single Minute Exchange of Dies

Esta ferramenta consiste num conjunto de teorias e técnicas usadas para a realização de tarefas de *setup* no menor tempo possível (Shingo, 1985).

Segundo Shingo (1985), as operações podem ser classificadas em duas categorias:

- **Tarefas Internas** – A sua execução exige a paragem da máquina;
- **Tarefas Externas** – A sua execução não exige a paragem da máquina.

Ainda segundo Shingo (1985), a metodologia SMED consiste em 4 etapas:

- **Etapla 0** - Identificação das tarefas internas e externas;
- **Etapla 1** - Separação de tarefas internas e externas (reduções de tempo de *setup* entre os 30 e 50%);
- **Etapla 2** - Consiste na conversão de tarefas internas em tarefas externas;

- **Etapa 3** – Consiste na redução do tempo das tarefas, tanto internas como externas.

Aplicando esta metodologia, consegue-se reduções dos tempos de *setups* e assim mais flexibilidade na produção.

### 2.2.7 Diagrama de esparguete

Segundo Structures et al. (2016), o diagrama de esparguete permite uma representação visual dos fluxos de produção. Este demonstra os fluxos de materiais, pessoas ou informação.

Inicialmente, o diagrama de esparguete começa com o mapeamento dos fluxos, traçando-os no *layout* da seção que se pretende analisar. Posteriormente é possível desenhar um novo *layout*, com base nos dados obtidos da análise do primeiro, e assim obter redução de desperdícios.

Apesar de ser uma ferramenta muito simples, é muito valiosa para a análise e redução dos *mudas* de transporte e movimentos.

## 2.3 Classificação ABC

Cada vez mais as empresas sentem a necessidade de expandir o seu leque de produtos, havendo assim a necessidade de gestão dos respetivos stocks. Assim, não faz sentido dar a mesma importância a todos os produtos.

Pareto (1848-1923), num estudo realizado sobre a distribuição da riqueza, e mais tarde revalidado em inúmeras outras áreas, divide todos os stocks em três grandes grupos:

- **Família A** – Englobam cerca de 20% dos produtos sendo responsáveis por 80% das vendas;
- **Família B** – Englobam cerca de 35% dos produtos sendo responsáveis por 15% das vendas;
- **Família C** – Englobam cerca de 50% dos produtos sendo responsáveis por 5% das vendas (Figura 6).

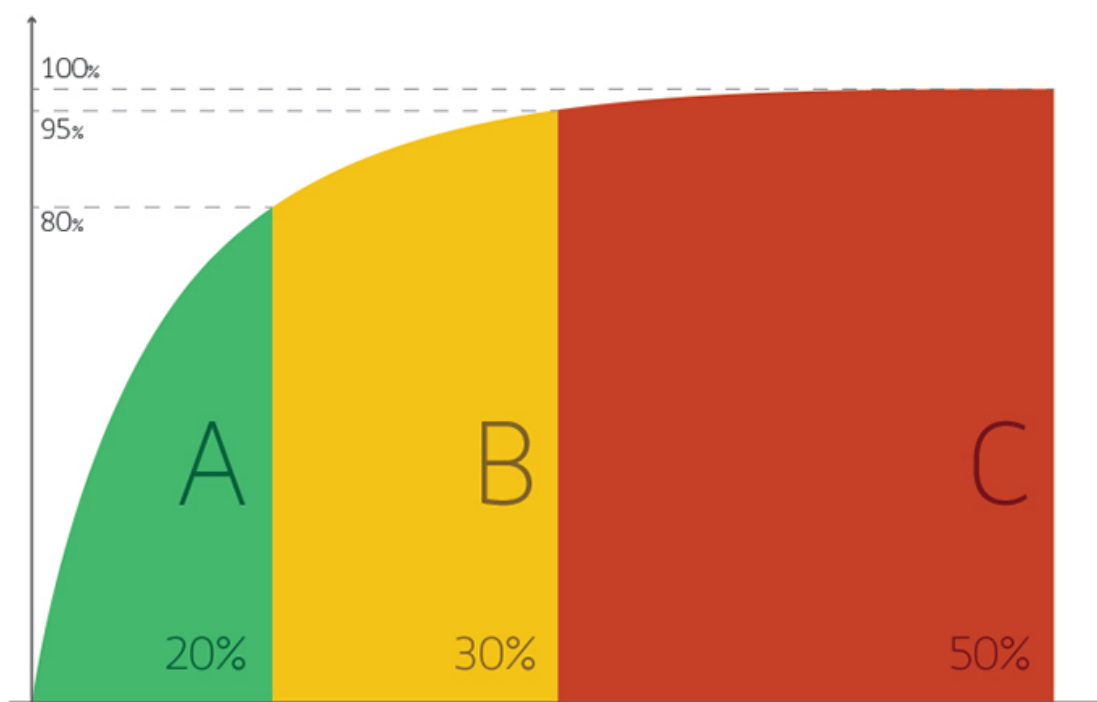


Figura 6 - Classificação ABC segundo valor ("Classificação ABC" 2016).

Além disso, Courtois et al. (1997) dividiu a sua classificação segundo dois critérios:

- Critério de destino – Material de escritório, produção, serviço pós-venda;
- Critério de valor – Valor acumulado dos itens representados na movimentação de *stock* ou valor em *stock*.

Estes critérios sofrem de algumas limitações, tais como um produto A em termos de quantidade pode ser um C em valor (muita quantidade a um custo muito reduzido), ou o oposto (Chase et al., 2001). Dessa forma é possível ajustar os critérios conforme as necessidades de cada empresa.

## 2.4 Gestão de Stocks

A gestão de *stocks* divide-se em dois grandes grupos (Urban, 2005):

- **Modelos de revisão contínua** – Verifica a quantidade de produto continuamente, e a partir do momento em que essa quantidade atinge um determinado valor ( $s$ ) é encomendada uma quantidade fixa de produto ( $Q$ );
- **Modelos de revisão periódica** – Verifica a quantidade de produto em intervalos de tempo específicos ( $R$ ), sendo feita uma encomenda para repor o nível de inventário para um valor previamente definido ( $S$ ).

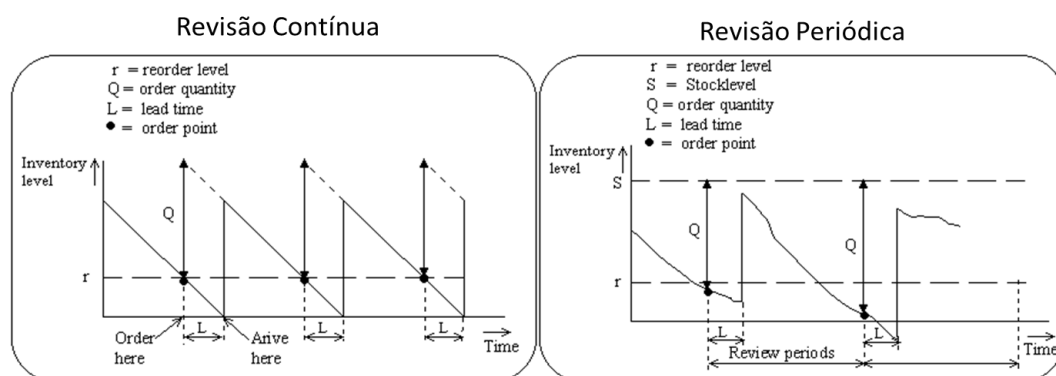


Figura 7 - Modelo de revisão contínua e periódica (“Gestão de Inventário” 2016).

### 3 Indústria de abrasivos - Saint-Gobain Abrasivos - Norton

#### 3.1 Levantamento Inicial

Esta etapa é fulcral para a execução do projeto uma vez que vai condicionar as ações desenvolvidas de forma a incidir nos problemas identificados, quer pela empresa, quer pela análise do levantamento. A classificação do sucesso obtido no final das implementações está profundamente relacionada, com a qualidade do levantamento inicial.

Segundo a literatura, num primeiro momento deve ser feito o levantamento da situação atual através de um mapeamento da cadeia de valor. Este foi feito analisando os tempos de cada operação (Tabela 9 e Tabela 10 do Anexo B), posteriormente classificando-as, segundo Womack and Jones (2010), nas categorias mencionadas no estado da arte.

Na Figura 8, podemos observar um fluxograma, com as diferentes secções da empresa, bem como as áreas de intervenção (laranja). Além dessas, foi igualmente feita uma reorganização do *layout* do armazém de especialidades.

Quanto às áreas de embalagem e expedição, estas são comuns a todas as secções, expeto aos produtos de especialidades, que são embalados na própria secção, sendo apenas expedidos.

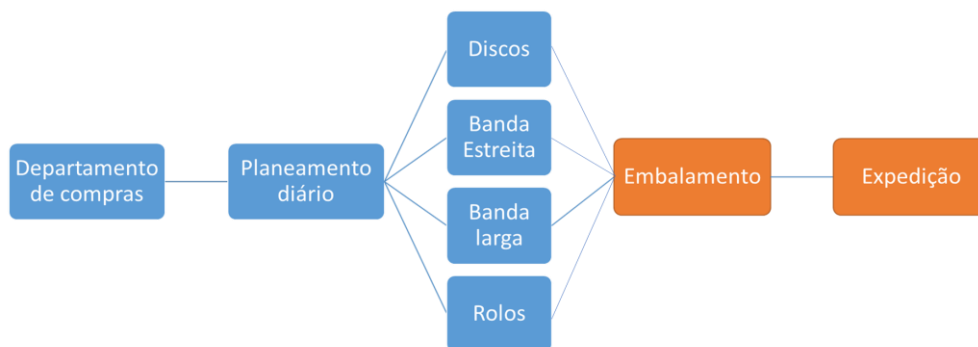


Figura 8 - Fluxograma de produção

##### 3.1.1 Embalamento

Na secção de embalagem, todos os produtos são etiquetados, com a etiqueta referente à marca, e posteriormente colocados em caixas, também estas etiquetadas. A cada produto corresponde uma One Point Lesson (OPL), que facilmente permite relacionar as etiquetas com os produtos descritos nas Ordem de Produção (OP's). Todas essas etiquetas têm que ser impressas com o número da OP, sendo depois coladas manualmente no produto e na caixa. Este trabalho é inteiramente manual, o que implica uma análise à cadeia de abastecimento de matérias primas, ao contrario do processo em si (Figura 61 do Anexo D).



Figura 9 -Etiquetas em uso: a) Etiqueta de caixa; b) Etiqueta de produto sem caixa; c) Etiqueta de disco.

## Layout

Em qualquer projeto de melhoria contínua, é fundamental fazer o levantamento do percurso das peças. Com a sua análise pretende-se identificar quais os postos de trabalho indevidamente localizados, bem como a sua melhor localização, de forma a minimizar o tempo total de transporte e de fila de espera.

Como podemos analisar pela Figura 10, podemos verificar a falta de aproveitamento do espaço, com a existência de um espaço central não ocupado.



Figura 10 - Estado inicial da zona de embalagem e expedição.

Também analisando os fluxos das peças na Figura 64 do Anexo F, podemos observar a existência de distâncias excessivas de movimentação, bem como alguns contra fluxos. Sendo a falta de espaço uma das principais queixas dos operários tornou-se essencial, avaliar as mudanças de layout, para obter um melhor aproveitamento.

## 5S's

Os 5S's são fundamentais para a eliminação de desperdícios de uma empresa. Na Figura 11 existe uma falta clara deles, aumentando assim o tempo para a localização de material, bem como uma falta de controlo sobre a sua existência em stock.





Figura 11 - Exemplo da falta de 5S's.

## Etiquetas

O facto de vários operários serem responsáveis pela impressão de etiquetas, levanta bastantes dificuldades:

- Procura de matéria-prima quando ela não existe, mais propriamente de etiquetas sem *stock*;
- Aparecimento de filas para a impressão de etiquetas, devido à existência de um único posto de impressão (Figura 12);
- Falta de organização das etiquetas nas prateleiras, e aumento de tempo para as localizar;
- Falta de controlo sobre o *stock* atual de etiquetas, sendo *stock outs* frequentes;
- Falta de responsabilização dos problemas provenientes dessa operação.

Na Figura 13 podemos observar o tempo de produção perdido, em relação ao número de operadores em fila. Este valor foi calculado com base nos tempos médios de tiragem de etiquetas, sendo apenas um valor ilustrativo.



Figura 12 - Posto de tiragem de etiquetas.



Figura 13 - Tempo perdido de produção por número de operadores em fila.

## Transporte

Observou-se algum tempo de espera do porta-paletes, para movimentar as caixas, pois encontra-se muitas vezes ocupado. Essa espera é significativa, uma vez que acontece várias vezes durante o dia, mas bastante difícil de quantificar, devido à sua variabilidade. Foi quantificado o tempo de arrumar as paletes em aproximadamente 10 minutos, sendo este um

valor médio, estando dependente de vários fatores, como numero e posições de paletes, espaço disponível, entre outros.

Igualmente o uso de porta paletes implica um maior espaço de manobra, necessitando de mais espaço entre paletes.



Figura 14 – Paletes em uso.

### Dados iniciais

Como podemos observar na Tabela 2, foi feito um sumário dos KPI's do estado inicial da zona de embalagem, bem como os principais indicadores de produção, para podermos avaliar o impacto das melhorias implementadas.

Tabela 2 – KPI's iniciais da secção de embalagem.

	Estado inicial
<i>Tempo médio diário a enrolar etiquetas (s)</i>	3 683
<i>Tempo médio diário a seleccionar etiquetas (s)</i>	5 583
<i>Tempo médio por disco (s)</i>	12, 24
<i>Área ocupada (m<sup>2</sup>)</i>	79,03
<i>Stock de etiquetas</i>	647 840

### 3.1.2 Expedição

Na secção de expedição, todos os produtos são sujeitos a um *picking*, que consiste na recolha dos produtos (podem ser de diferentes tipos ou quantidades), de acordo com o pedido do cliente. Posteriormente esses produtos são pesados e embalados (com fita no caso de caixas pequenas e filme transparente no caso de paletes) e posteriormente expedidos.

#### Layout

Como podemos verificar na Figura 15, não existe uma divisão clara entre produtos para *picking* (caixas não castanhas e produtos fora de caixas) e produtos já prontos a serem expedidos (caixas castanhas). Isso implica maiores deslocações para a recolha de material, bem como maior confusão na localização dos produtos.

Uma das grandes dificuldades apontadas pelos operadores da secção era a falta de espaço para a colocação de paletes prontas a serem expedidas, sendo por isso ocupados os corredores de segurança.

Outra dificuldade encontrada era a necessidade de andar por cima das paletes, para os funcionários chegarem ao 2º corredor de *picking*, o que não é prático nem seguro.

Na Figura 65 do Anexo F, foi feito um esquema em CAD de modo a facilitar a visualização do espaço e fluxos de material.



Figura 15 - Exemplo de produto final misturado com produtos para picking.

### Dados iniciais

Após análise dos tempos e outros indicadores, foi criada a Tabela 3 com a informação sumariada. Estes tempos foram feitos para *pickings* idênticos, sendo este um valor médio. Quanto ao desvio-padrão, este é desprezível, sendo menor que 5 segundos. Como os *pickings* são dependentes das OP, para facilitar a análise, foram agrupados 8 pickings idênticos, como forma a obter um tempo mais uniforme.

Tabela 3 – KPI's iniciais da secção de expedição.

	Estado inicial
<i>Tempo médio por picking (s)</i>	156,12
<i>Nº de paletes</i>	28
<i>Área ocupada (m²)</i>	67,70



### 3.1.3 Armazém de especialidades

O armazém de especialidades é uma secção afeta a uma família de produtos, fabricados exteriormente à fábrica, cujo único processo é o de reembalamento. Assim, como pedido pela direção, apenas se atuou na zona de armazém, para facilitar as operações de recolha de produtos.

Inicialmente foi feito um levantamento do *layout* da secção (Figura 66 do Anexo F), bem como das posições ocupadas. Desse modo foi possível fazer uma análise das distâncias médias percorridas anualmente, bem como a quantidade de *stock* atual.

Foi feita uma análise de pareto dos produtos (Figura 80 e Figura 81 do Anexo G) de modo a obter informação sobre os produtos com maior e menor saída.

Também foi possível verificar a existência de vários produtos com uma rotação muito baixa, menos de 40 de abril de 2015 a abril de 2016, colocados perto dos operadores, enquanto os de maior saída se encontravam mais afastados.

Para além disso, as localizações encontravam-se desatualizadas e muitas vezes mal definidas, sendo necessário procurar o produto em todas as posições, quando este não estava no local designado. Isso levou o responsável do armazém a gastar 2h30 minutos, para confirmar a falha de *stock*.

#### Dados iniciais

Na Tabela 4 encontram-se os dados sumariados das análises acima descritas. Para as posições ocupadas foram analisadas as posições fixas de cada produto, bem como a quantidade em cada uma delas.

Quanto à distância percorrida, esta foi baseada na distância até cada posição, sendo depois multiplicada pelo número de OP com esse produto.

Tabela 4 - KPI's iniciais do armazém de especialidades.

	<i>Estado inicial</i>
<i>Posições ocupadas</i>	840
<i>Stock Atual</i>	2 132 260
<i>Distância percorrida média anual (m)</i>	72 872

## 3.2 Implementação de melhorias

### 3.2.1 Embalamento

#### *Layout*

Com o objetivo de aproveitar o espaço existente e criar um fluxo de produção mais curto e mais direto (Figura 67 do Anexo F), alterou-se a disposição das máquinas, bem como a sua orientação, como podemos verificar pela Figura 16. Desta forma foi possível aproveitar o espaço central previamente desocupado, bem como reduzir a área total ocupada e distâncias percorridas.



Figura 16 - Estado final da zona de embalagem.

#### **5S's**

Aplicou-se a filosofia dos 5S's à zona de embalagem, onde a falta desta era mais evidente, de forma a eliminar os tempos de procura das ferramentas de trabalho, bem como permitir uma gestão visual dos *stocks*. Desse modo aplicaram-se os quatro primeiros passos, de triagem, arrumação, limpeza e normalização (Figura 17). O último passo ficou da responsabilidade dos operários de modo a manter a prática da filosofia.



Figura 17 - Exemplo da definição dos locais de cada material.

Aproveitando esta nova organização, foi criada uma forma de gestão de *stocks* dos consumíveis de forma visual, usando para isso caixas que, quando vazias, tornam-se um sinal para serem reabastecidas pelo responsável de armazém.

### **Substituição do uso de paletes por bases móveis.**

Usando as bases móveis, como exemplificado na Figura 18, evita-se a espera pela disponibilidade do porta-paletes e o tempo perdido nas viagens. Com o uso de carrinhos, esse tempo é reduzido de cerca de 10 min para 2 min.

Para além disso também facilita pequenas arrumações que sejam necessárias, e não necessita de espaço extra para manobras (colocar ou retirar o porta-paletes).



Figura 18 – Base móvel em uso

### **Uso de um responsável pelo abastecimento de etiquetas e caixas**

Devido às dificuldades na impressão de etiquetas foi criado um posto de trabalho, na zona de impressão de etiquetas (Figura 19). Para isso foi utilizado um operário que estava em formação para abastecer as linhas com a matéria-prima necessária, bem como recolher o produto acabado e transportá-lo para o embalamento ou expedição (Figura 62 do Anexo D). Além disso também tinha a responsabilidade de dar baixa dos consumos por OP e, registar as já concluídas.



Figura 19 - Posto de trabalho do abastecedor.



Após análise, concluiu-se que essas operações ainda permitiam tempo livre, razão pela qual, o funcionário também foi responsabilizado pela tiragem de etiquetas.

De forma a facilitar a realização do novo trabalho, foi feita uma reorganização das etiquetas, com base no seu consumo e na utilização, o que permitiu diminuir a distância percorrida bem como o tempo necessário para a sua localização, usando-se para isso uma análise de pareto (Figura 79 do Anexo G) para se definir a sua posição. As etiquetas foram ainda agrupadas de acordo com a família do produto e marca, de forma a facilitar a sua localização (Figura 20).

Na Figura 20 também é possível verificar a existência dos cartões Kanban, com os dados relativos ao código da etiqueta, designação, ponto de encomenda e quantidade a encomendar.



Figura 20 - Organização das etiquetas.

Usando a análise de pareto referida anteriormente, foi possível calcular um *stock* mínimo, um *stock* de segurança e um ponto de encomenda, usando o modelo de revisão contínua.

Foram usadas as seguintes fórmulas para o cálculo de *stocks*, baseando-se no modelo de revisão contínua (King, 2011):

$$SM = \mu \times L \quad (2.1)$$

$$SS = Z \times SM \times (\sigma/\mu) \quad (2.2)$$

$$PE = SM + SS \quad (2.3)$$

Onde:

SM = Stock Mínimo

$\mu$  = Média

L = Prazo de entrega

SS = Stock de Segurança

Z = Distribuição normal para o nível de serviço escolhido

$\sigma$  = Desvio Padrão

PE = Ponto de encomenda

O prazo de entrega médio das etiquetas é de 15 dias, sendo que no caso das etiquetas em consignaçoão (*stock* para etiquetas de maior rotação guardadas pelo fornecedor), estas são

entregues no dia seguinte. Verificou-se que as quantidades seriam relativamente baixas (6 rolos de etiquetas para o produto com maior saída), e havendo um desconto por quantidades pedidas, optou-se por fazer os cálculos para um *stock* mínimo de um mês, diminuindo o número de encomendas e o valor por cada rolo (esta opção foi tomada pela direção da empresa, onde o desconto em quantidades era bastante significativo).

Como o preço das etiquetas é muito baixo, e o custo de não as ter disponíveis facilmente supera o custo das próprias etiquetas, optou-se por um nível de serviço de 99,999% de modo a garantir que não haveria falhas.

Para facilitar o controlo de *stock* também foi implementado um sistema de gestão visual (Kanban), como já foi referido, onde se encontram todas as informações necessárias para o reabastecimento, como se pode ver na Figura 82 do Anexo H.

Uma das principais melhorias esperadas era a prevenção de roturas de *stock* de etiquetas, muitas vezes responsáveis por parar as ordens de produção. Assim, tendo apenas uma pessoa responsável por abastecer e controlar o *stock*, permite que não haja etiquetas mal colocadas e falhas não reportadas. Como podemos analisar pela Figura 21, com a introdução do reabastecedor o número de falhas reduziu imediatamente, sendo a última falha registada no dia 2 de maio de 2016. Estas falhas tinham um efeito muito grande no planeamento diário da produção, chegando a levar à paragem dos operários das secções de embalagem e expedição, devido à falta de matéria prima. Como apenas se dispõe dos dados relativos ao nº de falhas e não ao efeito causado por elas, apenas é possível comparar estas situações.

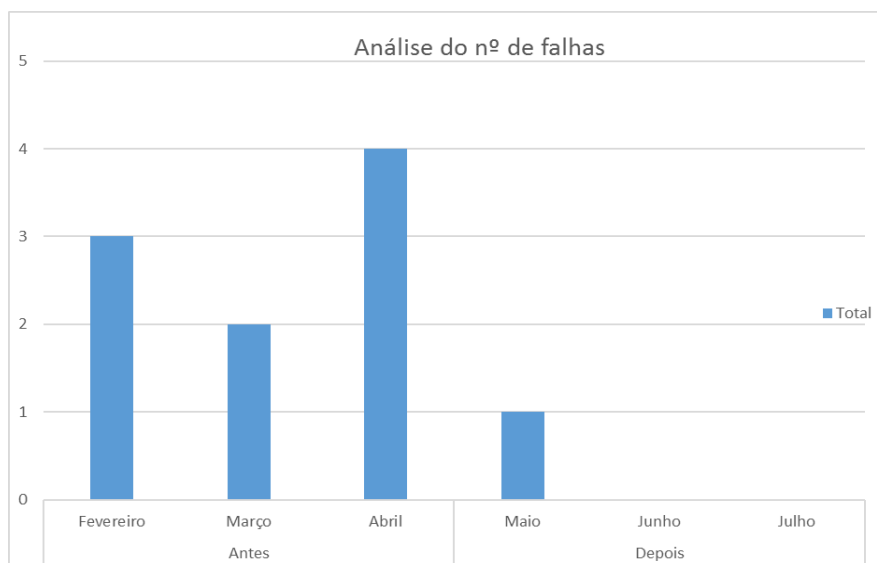


Figura 21 - Comparação do número de falhas de *stock* de etiquetas com o novo posto.

### Aquisição de um enrolador automático

O tempo gasto a enrolar etiquetas estava, inicialmente, muito dependente da quantidade de etiquetas a imprimir, não acrescentando valor à operação. Essa tarefa era realizada usando o enrolador manual (Figura 22 a), ou manualmente, o que se tornava bastante cansativo.

Assim, com o objetivo de facilitar o trabalho ao abastecedor e transformar a tarefa de enrolar etiquetas de interna para externa, adquiriu-se um enrolador automático (Figura 22 b). Com ele, estabilizaram-se os tempos para enrolar etiquetas, deixando de estar dependente do número de etiquetas, e passando a ser um valor fixo de aproximadamente 10 segundos. Na Tabela 5 podemos verificar o tempo médio de enrolamento de etiquetas, com base no consumo médio de etiquetas. Este tem um desvio-padrão significativo, devido à variância da quantidade de etiquetas por número de ordens.

Tabela 5 – KPI's finais dos tempos de enrolar etiquetas.

	<b>Estado final</b>
<b>Tempo médio diário a enrolar etiquetas (s)</b>	745,25

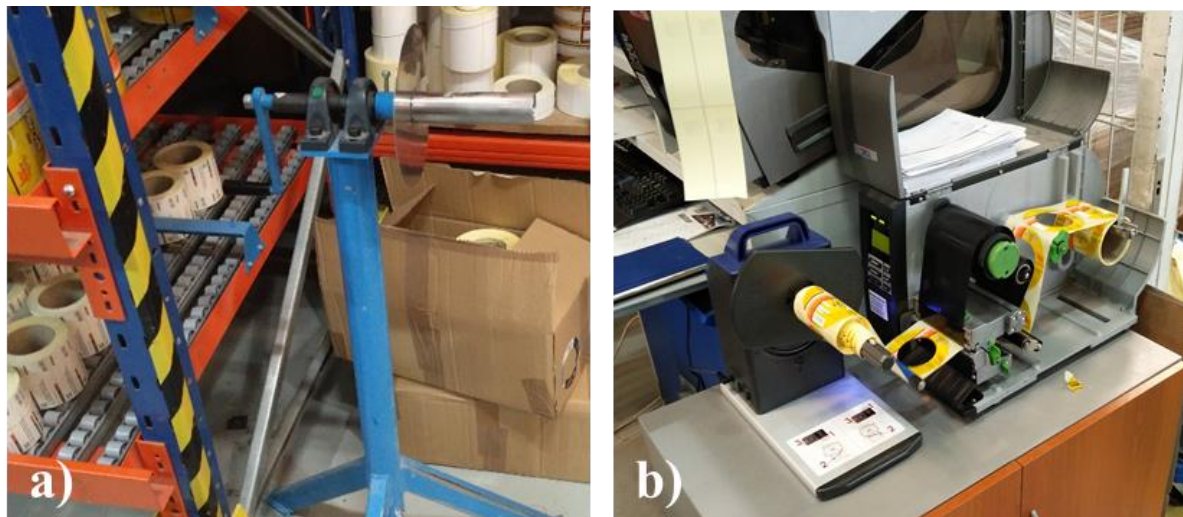


Figura 22 - Enrolador: a) Manual; b) Automático.

Após a implementação das melhorias, tornou-se necessário uma nova avaliação do estado, como podemos verificar na Tabela 6. Para isso foram retirados os tempos para ordens da mesma dimensão e produtos idênticos de modo a poder comparar corretamente os dois estados.

Tabela 6 – KPI's finais da secção de embalagem.

	<b>Estado final</b>
<b>Tempo médio por disco (s)</b>	10,81
<b>Área ocupada (m<sup>2</sup>)</b>	50,61

### Redução do número de funcionários fixos

Com a análise realizada, verificou-se a existência de horários de trabalho da fábrica sobrepostos, ou seja, o turno da manhã apenas sai às 5h, enquanto o da tarde entra às 3h30min. Essa sobreposição, bem como a implementação das melhorias, permitiu a redução de pessoal afeto apenas ao embalagem, optando-se por uma opção de maior flexibilidade. Assim, aproveitando essas horas de sobreposição, é normal estarem mais 3 a 4 pessoas durante esse intervalo a trabalhar na zona de embalagem, visto ser a única que não depende de máquinas para o seu processo. Se durante o dia for necessário mais pessoal, este é retirado das zonas de produção com menor trabalho.

Dessa forma é possível obter o mesmo rendimento, com menos pessoal e com o mesmo esforço.

### Comparação entre o estado inicial e o final

Na Figura 23 podemos verificar a evolução das diferentes métricas da secção de embalagem durante o projeto realizado. Assim foi possível avaliar o impacto das soluções propostas, bem como criar o ponto de partida para as implementações posteriores.

Uma das melhorias mais significativas foi na redução de stock de etiquetas, bem como um maior controlo sobre eles, tal como o tempo despendido a enrolar etiquetas.

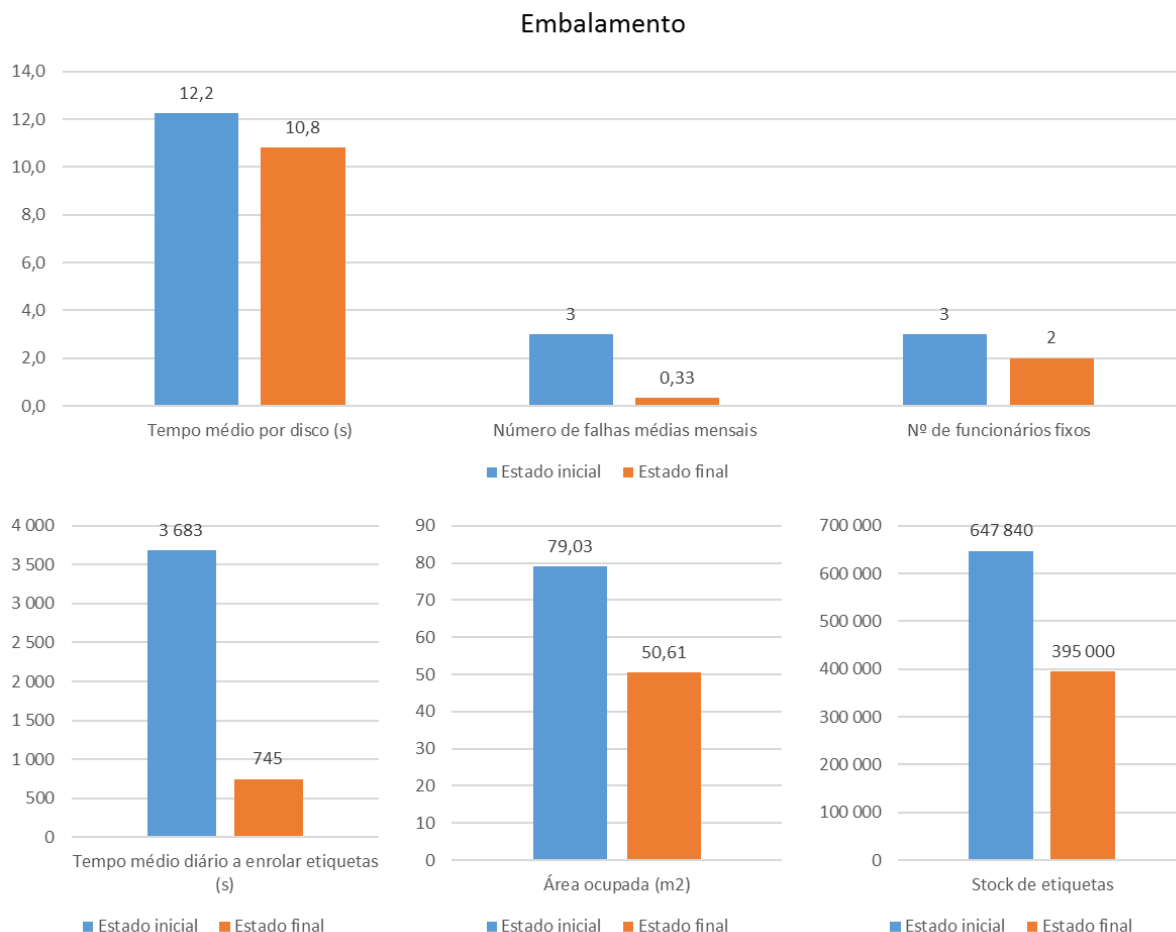


Figura 23 - Comparação do estado inicial e final da secção de embalagem (Tabela 14 do Anexo I)

### 3.2.2 Expedição

#### Reorganização do layout

Sendo um dos maiores problemas desta secção a falta de espaço para a colocação de paletes, foi feita uma reorganização do espaço. Desse modo foi possível aumentar o espaço afeto a esta zona, utilizando o espaço ganho da reorganização da secção de expedição e criar uma divisão entre o produto de *picking* e expedição (Figura 68 do Anexo F). Com isso foi possível facilitar a localização de produtos, bem como reduzir as distancias percorridas com ele.

Como podemos analisar pela Figura 24, com a reorganização do espaço, foi criada uma divisão mais clara entre os produtos de *picking* e os produtos de expedição, criando uma zona distinta para cada. Com isso obteve-se uma redução do tempo médio de *picking*, o que se traduz num aumento de produtividade.

Na Tabela 7 podemos verificar essa redução de tempo. Tal como já foi referido, para obtenção dos valores de comparação, foram agrupados *pickings* semelhantes aos usados durante a definição do estado inicial.



Tabela 7 - KPI's finais da zona de expedição.

	<b>Estado final</b>
<i>Tempo médio por picking</i>	120,40
<i>Área ocupada (m<sup>2</sup>)</i>	96,12

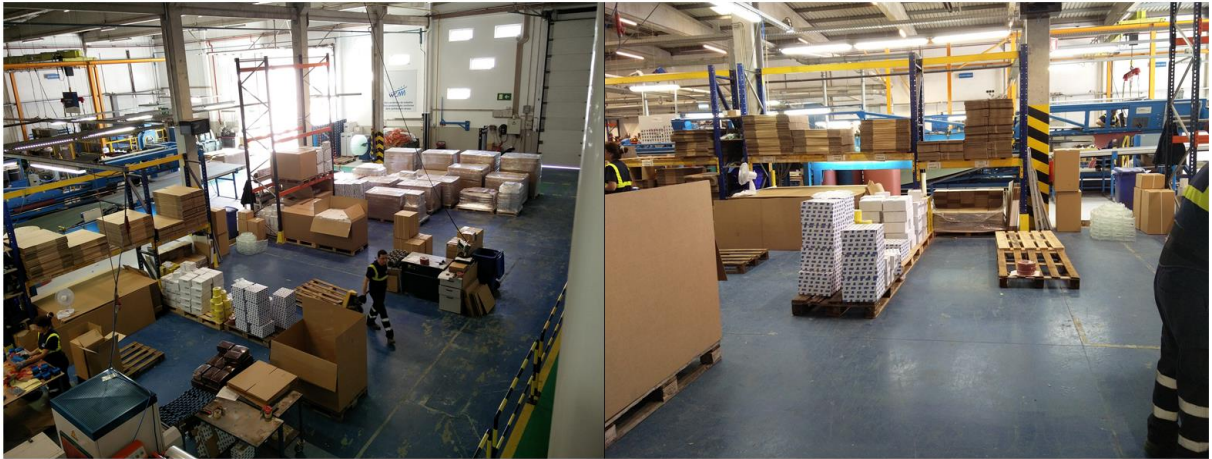


Figura 24 - Estado final da zona de expedição.

### Instalação de prateleiras

Com a instalação de uma prateleira, visível na Figura 25, foi possível aumentar a área útil de expedição com recurso ao espaço vertical. Com capacidade para 9 paletes extra, divididas pelos 3 pisos, são usadas para as paletes de menor rotação, normalmente que apenas são recolhidas uma vez por semana.

Assim liberta-se espaço no piso para as de maior rotação, e facilita a sua movimentação.



Figura 25 - Prateleira em uso.



### Comparação entre o estado inicial e o final

Na Figura 26 podemos verificar a evolução das diferentes métricas da secção de expedição durante o projeto realizado. Assim foi possível avaliar o impacto das soluções propostas, bem como criar o ponto de partida para as implementações posteriores.

Tanto a reorganização do espaço, como o uso da prateleira contribuíram para o aumento do número máximo de paletes do espaço.

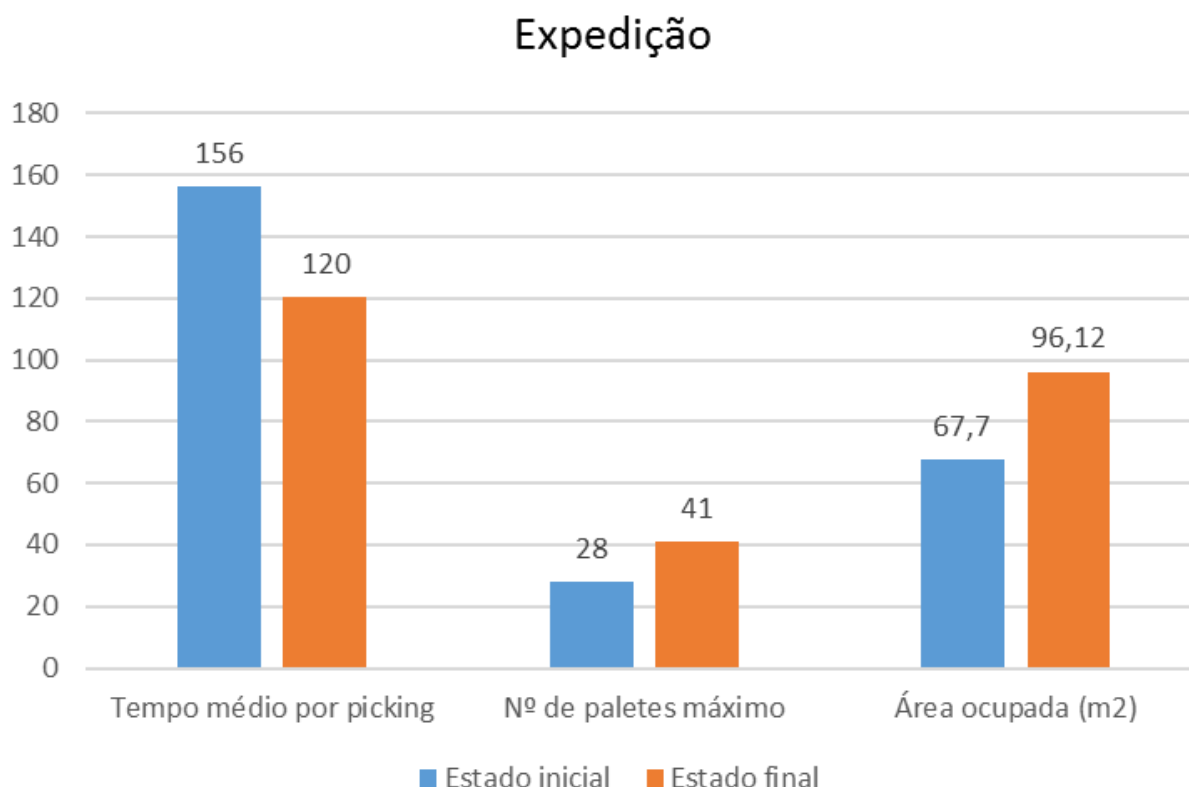


Figura 26 - Comparação do estado inicial e final da secção de expedição (Tabela 15 do Anexo I).

### Estado final da secção de embalagem e expedição

As secções de embalagem e expedição encontram-se intimamente ligadas assim, uma visão das duas zonas, tem especial importância para a análise do fluxo final. Na Figura 69 do Anexo F observa-se isso mesmo, as duas áreas com as implementações concluídas.

#### 3.2.3 Armazém de especialidades

Tendo em conta que o prazo de entrega do produto é de 90 dias e o desvio-padrão dos consumos são muito elevados (Tabela 21 do Anexo K), optou-se por dividir o armazém em duas zonas distintas, uma zona de supermercado e outra de armazenamento dinâmico.

Na primeira zona estão definidas as posições de cada produto, bem como a quantidade necessária para uma previsão média de 15 dias. Esta zona é constituída pelos primeiros dois pisos das prateleiras (Piso 0 e 1), de modo a facilitar a recolha dos produtos e evitar o uso de escadas ou degraus.

O armazém dinâmico serve de apoio ao supermercado, quando as quantidades entregues excedem as quantidades previamente definidas. Este armazém situa-se no piso superior (Piso 3) não tendo posição definida para os produtos. Desse modo exige cuidado acrescido na sua arrumação, sendo necessário colocar esses produtos acima da zona de supermercado

correspondente. Desse modo facilita a gestão de stocks totais, e o reabastecimento da zona de supermercado.

Para definir as posições do supermercado criou-se um sistema de gestão visual, semelhante ao usado nas etiquetas, onde os cartões indicam o número de posições que deve ser ocupada pelo produto, permitindo uma gestão mais fácil dos mesmos (Figura 27).

Com isso foi possível reduzir as distâncias aos produtos mais vendidos (Figura 70 do Anexo F), bem como a redução de posições ocupadas.



Figura 27 - Kanban do supermercado em uso.

### Comparação entre o estado inicial e o final

Na Figura 28 podemos verificar a evolução das diferentes métricas do armazém de especialidades durante o projeto realizado. Assim foi possível avaliar o impacto das soluções propostas, bem como criar o ponto de partida para as implementações posteriores.

Assim, obtivemos uma redução muito significativa nas distâncias percorridas médias, mas, mais importante, na organização do armazém. Essa métrica não foi quantificada, devido à sua característica subjetiva, mas foi considerada significativa para facilitar as operações realizadas.



Figura 28 - Comparação do estado inicial e final do armazém de especialidades (Tabela 16 do Anexo I).

## 4 Indústria de metalomecânica - Os Netos do Simão

### 4.1 Levantamento Inicial

Tal como já foi referido, o objetivo do projeto n'Os Netos do Simão consiste na aplicação da filosofia Lean a todos os processos produtivos da empresa. Devido à curta duração do projeto, foi selecionada apenas numa secção, no entanto, foi analisado o estado inicial das restantes (Figura 29). Assim a área considerada de maior importância foi a secção das curvas, onde o stock intermédio é alto, com possibilidade de reduzir a área ocupada. Nesta secção foi ainda feita uma intervenção, no método de produção do armazém.

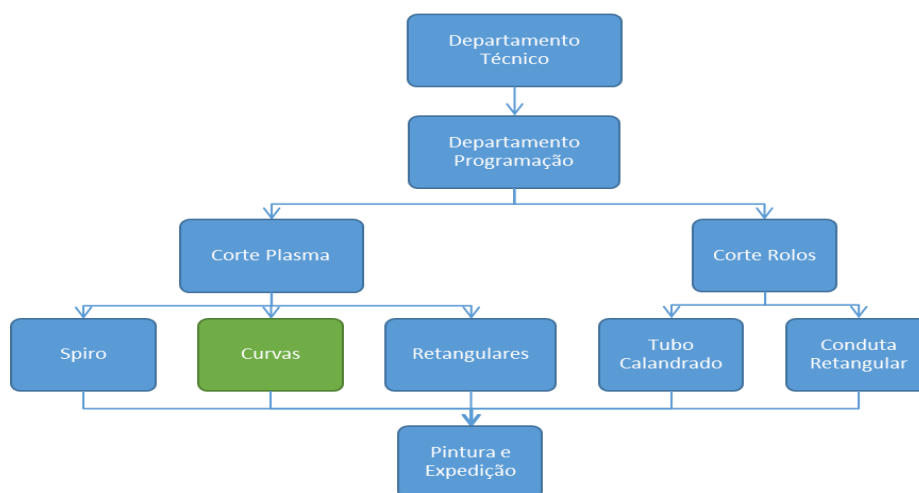


Figura 29 – Fluxograma de produção simplificado d'Os Netos do Simão (Figura 60 do Anexo D).

#### 4.1.1 Layout Da Fábrica

Em toda a fábrica existem fluxos de produtos cruzados, bem como caminhos repetidos pelos diferentes tipos de produto, como podemos observar na Figura 51 do Anexo A. Isto é especialmente significativo para a secção de acessórios, onde a zona de montagem fica afastada da zona de pintura, exigindo o transporte extra das peças. Isso poderia ser evitado com a criação de um acesso mais direto, ou uma reorganização do espaço.

#### 4.1.2 Corte de Plasma

Sendo este um dos primeiros passos na produção de qualquer tipo de peça, em conjunto com o corte de rolos, é essencial para o fluxo de produção. Assim foi feito um levantamento dos tempos para o corte de chapa, e das tarefas realizadas pelo operador, de forma a otimizar o processo.

Foi observado que o aparecimento de urgências faz com que o valor de produtividade da máquina seja inferior ao esperado (Figura 30). Em situação normal, o *setup* da máquina é uma

tarefa interna, mas no caso de uma urgência, essa tarefa passa a externa, pois é necessário reprogramar a máquina para peça em falta. O tempo de setup nessas situações aumenta de 20 para 516 segundos.

Também foi observado a falta de separação do produto por destino, muito devido à forma como os desenhos são otimizados. Os produtos são constituídos por vários componentes, sendo que, na otimização automática, ficam, por vezes separados em chapas diferentes, atrasando assim as operações seguintes e dificultando a sua separação.

Foi ainda observado o tempo de espera do operador fica à espera da máquina (732 segundos).

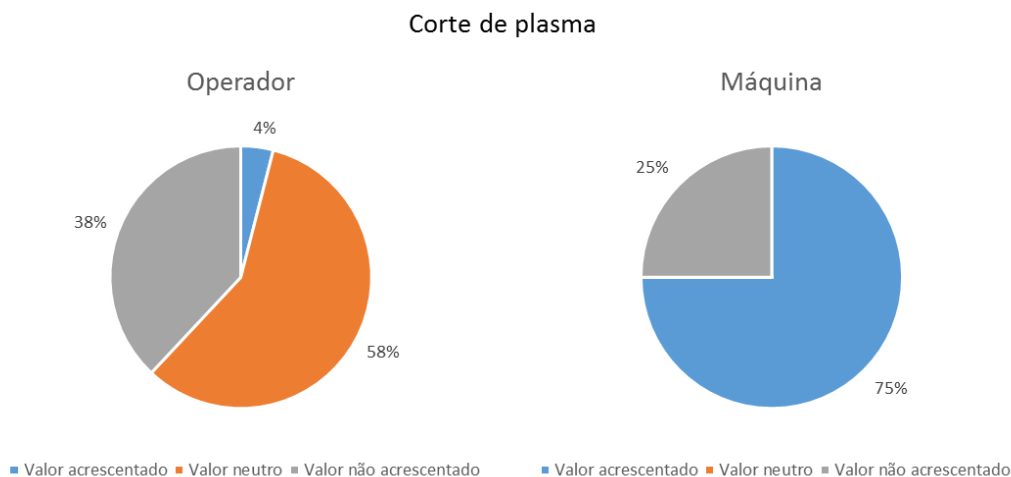


Figura 30 - Análise dos tempos da máquina de corte de plasma (Tabela 11 do Anexo B).

#### 4.1.3 Corte de Rolos

Foi observado que a máquina de corte de rolos trabalhou apenas 24% do tempo, devido às operações de arrumo de material e saídas do operador (Figura 31). Foi também possível verificar, que o operador era responsável em dar apoio a várias secções da fábrica, reduzindo a sua produtividade relacionada com esta máquina. Por outro lado, a operação de reforço, que consiste em encruar a chapa para obter maior integridade estrutural, só é iniciada depois de todas as placas serem cortadas, diminuindo o rendimento global do processo.

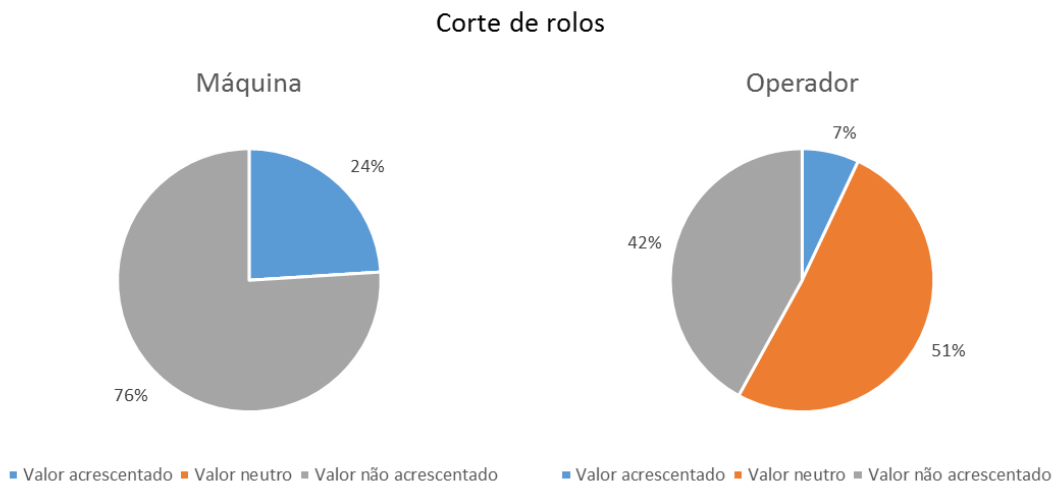


Figura 31 - Análise dos tempos da máquina de corte de rolos (Tabela 12 do Anexo B).

#### 4.1.4 Quinadora

A quinadora é uma parte fulcral nos processos produtivos, uma vez que é responsável pela preparação do material a ser montado nas diferentes secções da empresa.

Analisando os tempos de operação (Tabela 13 do Anexo B), foi possível verificar um nível de ocupação da máquina muito baixo. Isso deve-se ao facto de o trabalho de preparação ser muito demorado e a operação de quinagem bastante rápida (Figura 32).

A necessidade de um operador especializado nesta máquina inviabiliza o uso de um preparador, sendo necessário que o mesmo operador da quinadora faça a preparação das peças.

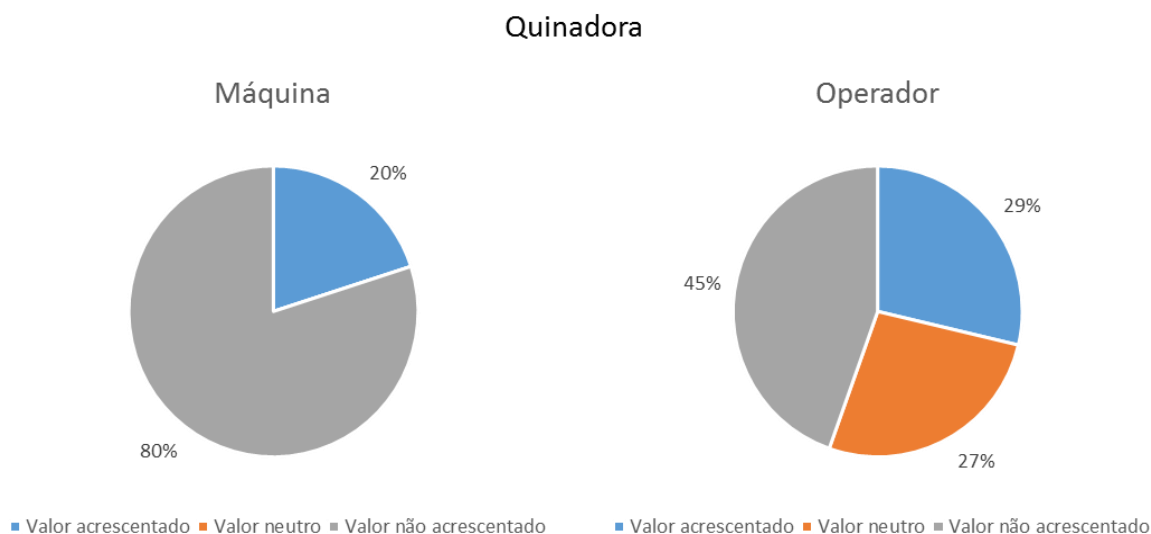


Figura 32 - Análise dos tempos da quinadora (Tabela 13 do Anexo B).

#### 4.1.5 Curvas

Ao contrário do que foi feito para as secções anteriores, nas secções seguintes (secção de curvas, uniões pequenas, tubo calandrado e condutas retangulares) foi elaborado um *value-stream mapping* (VSM), que permite uma melhor compreensão dos fluxos e tempos de produção. Este só é vantajoso para situações com vários processos na mesma secção.

Foi criado um VSM para cada tipo de curva, pequena ( $\varnothing \leq 125\text{mm}$ ), média ( $\varnothing \leq 500\text{mm}$ ) e grande ( $\varnothing > 500\text{mm}$ ), como podemos verificar na Figura 53, Figura 54 e Figura 55 do Anexo C respetivamente.

No caso das curvas médias e grandes, estas são feitas na mesma secção, enquanto as curvas pequenas são produzidas numa secção distinta, devido ao espaço disponível. Para perceber os desperdícios relacionados com os movimentos e transportes, foi criado um diagrama de esparguete para as duas secções, pequena e média e grande, visíveis na Figura 72 e Figura 71 do Anexo F respetivamente.

Para a formação das curvas, após o corte (Figura 35 a e b), a primeira operação é o rebaixo (Figura 35 c). Esta consiste em fazer uma pequena indentação na peça, de forma a garantir que a solda é feita sempre na mesma zona. De seguida a peça é calandrada (Figura 35 d), ou seja, enrolada para obter a forma cilíndrica pretendida. Posteriormente é soldada por pontos (Figura 35 e). Este processo é vulgarmente designado por “pingar”. Isso garante a estanquicidade necessária sem consumir solda excessiva.

O processo da formação de beiras nas curvas médias e grandes é distinto das pequenas. As primeiras necessitam de dois tipos de beiras, simples (Figura 35 f) e duplas (Figura 35 g). Estas permitem o encaixe dos topos e gomos (Figura 33), sendo que a beira dupla, durante a montagem, é cravada na beira simples. Para isso, um dos topos têm beira dupla enquanto o outro beira simples. Já os gomos têm beira dupla e simples.

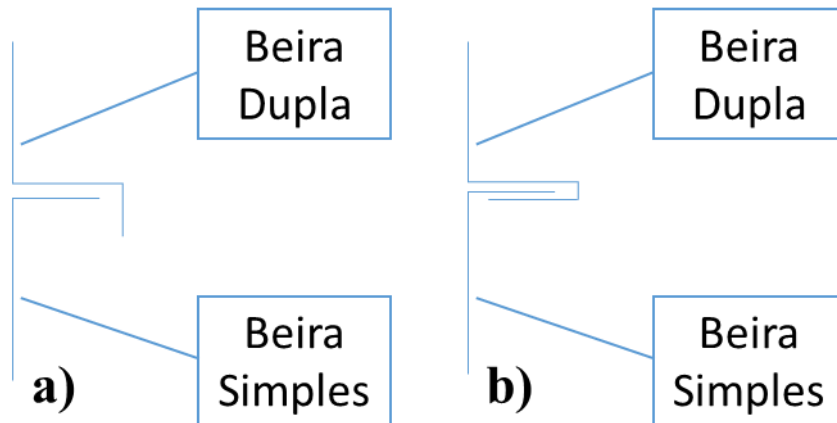


Figura 33 - Esquema de encaixe das curvas médias e grandes: **a)** Encaixe; **b)** Cravamento.

As curvas pequenas, necessitam apenas de um tipo de beira (Figura 34 a). Após o encaixe, a peça passa ao processo de fecho da curva, que consiste na passagem da zona de encaixe na máquina, que irá comprimir as a beira sobre o gomo ou topo (Figura 34 b). Esta zona de ligação é posteriormente soldada por pontos (“pingada”) de forma a garantir a sua estanquicidade.

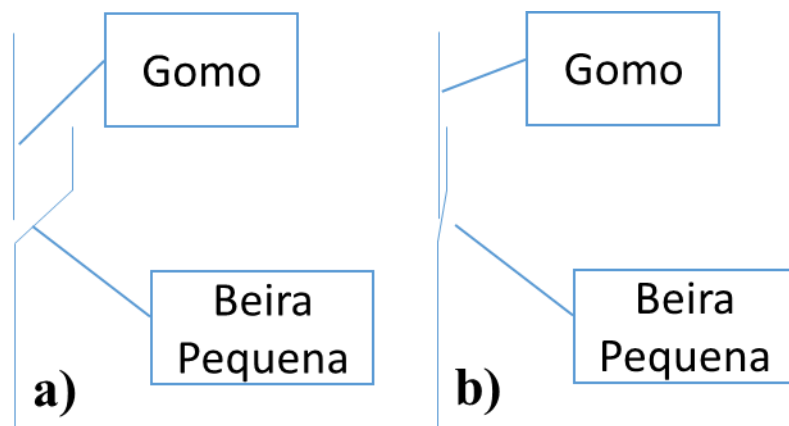


Figura 34 - Esquema de encaixe das curvas pequenas: **a)** Encaixe; **b)** Fechar curva.

A operação de canal e simples (Figura 35 h). apenas é necessária nos topos, de forma a garantir uma melhor ligação com as tubagens.



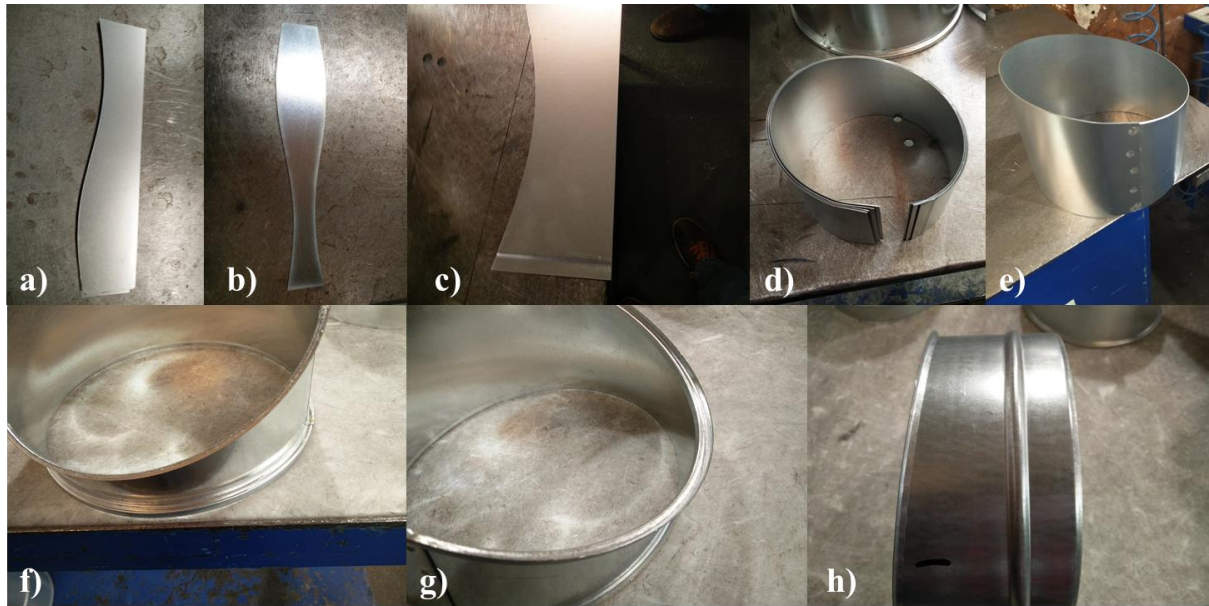


Figura 35 – Passos para a produção de uma curva média e grande: **a)** Topo; **b)** Gomo; **c)** Rebaixo; **d)** Calandrar; **e)** Pingar; **f)** Beira simples; **g)** Beira dupla; **h)** Canal.

Na Figura 36 podemos observar uma curva já montada, tal como a sua divisão em topos e gomos. Quanto aos primeiros, estes permitem a ligação a tubagens ou acessórios, enquanto os gomos são a parte central da curva, permitindo com o seu formato, ou número deles, obter diferentes ângulos.



Figura 36 - Curva montada.

Na Figura 37, podemos observar o estado inicial das duas seções, bem como as distâncias entre as máquinas e a área ocupada.



Figura 37 - Estado inicial da secção de curvas pequenas e médias e grandes.

Na Tabela 8, podemos observar alguns dados relativos ao setor das curvas médias, grandes e das curvas pequenas.

No caso das curvas médias e grandes, as operações de produção dos topos e gomos e a montagem são efetuadas em zonas distintas por diferentes operadores, ao contrário das curvas pequenas, que são efetuadas por um único operador.

As horas afetas a estas secções são muito variáveis, uma vez que os operadores são frequentemente destacados a dar apoio noutros setores, não havendo registos de tempos reais afetos a cada setor.

Tabela 8 - Dados relativos ao setor das curvas.

	<b>Topos e gomos médios e grandes</b>	<b>Borracha</b>	<b>Montagem</b>	<b>Curvas Pequenas</b>
<i>Quantidade média produzida diária</i>	446	118*	152	48**
<i>Nº de colaboradores</i>	1	1	1	2
<i>Stock em curso</i>	2166	32	76	110
<i>Área ocupada (m<sup>2</sup>)</i>	50,50	9,13	6,09	19,87

\*Apenas considerados dados relativos à produção de curvas, descontando uniões e golas.

\*\*As horas afetas à secção de curvas pequenas são muito baixas, estando muitas vezes parada.

Nas curvas médias e grandes, o operador é responsável por organizar a ordem pela qual produz as peças, com a indicação de algumas ordens mais prioritárias. Isso permite agrupar todas as curvas do mesmo diâmetro para evitar os tempos de *setup*. Apesar disso observaram-se alguns desperdícios, como a distância entre máquinas (Figura 71 do Anexo F) e o facto de trabalhar em lotes excessivos. Este ultimo ocorre devido aos tempos de *setup* elevados na mudança de beiras e, à necessidade de ajustar a posição da máquina até obter o encaixe correto.

Uma das dificuldades no trabalho por lotes é o aumento do tempo de entrega da primeira curva, como por exemplo, para uma ordem de 20 curvas, só passados 37 minutos é que chega a primeira curva à montagem, chegando todas as seguintes a um ritmo muito elevado. Devido a isso, o operário de montagem sofre picos de trabalho, estando sobrecarregado nuns momentos e em espera, nos seguintes.

Outra dificuldade encontrada relaciona-se com o espaço necessário ao *stock* intermédio (Figura 38). Este acarreta muitas operações de transporte e arrumos, responsáveis pela diminuição da produtividade total do processo.





Figura 38 - Exemplo da quantidade de *stock* intermédio.

Nas curvas pequenas realizadas com dois operadores, o operador responsável pela operação de fecho de curvas pequenas tem um desperdício de cerca de 25% do tempo, devido ao transporte das peças e à espera das operações anteriores. No caso de haver apenas um operador, este está sujeito aos problemas da produção por lotes referidos acima.

As distâncias percorridas entre máquinas são muito elevadas (Figura 72 do Anexo F), exigindo o transporte de material em carrinhos para efetuar as operações.

As operações são efetuadas por lotes, sendo esta área muito propensa ao aparecimento de urgências, o que por vezes cria *stocks* intermédios elevados, parados durante alguns dias.

#### 4.1.6 Uniões Pequenas ( $\varnothing < 125\text{mm}$ )

Esta secção situa-se na mesma zona das curvas pequenas, partilhando alguns dos mesmos problemas, como o da produção em lotes e a elevados *stocks* intermédios.

Com recurso ao VSM (Figura 56 do Anexo C) e ao diagrama de esparguete (Figura 73 do Anexo F) foi possível verificar a possibilidade de criação de uma célula de produção, atenuando assim os desperdícios de movimentos e transporte. Foi feita a alteração da secção (Figura 76 do Anexo F), mas não foi possível realizar testes devido à falta de tempo. Assim sendo, apenas se pode estimar que hajam ganhos com a diminuição das deslocações, sem que seja possível quantificá-los.

#### 4.1.7 Tubo calandrado

A zona de fabrico dos tubos calandrados (Figura 39) está misturada com a zona de fabrico de acessórios levando a encravamento mútuo, devido ao volume dos tubos.

Após análise do VSM (Figura 56 do Anexo C) e diagrama de esparguete (Figura 74 do Anexo F), verificou-se que já teria sido criada uma célula de produção, e que as distâncias entre as máquinas, apesar de poderem ser reduzidas, teriam de ser significativas devido ao tamanho dos tubos.



Figura 39 - Exemplo de um tubo calandrado.

#### 4.1.8 Conduitas Retangulares

Esta secção tem um funcionamento semelhante a uma linha de montagem, em que cada posto entrega o seu trabalho ao seguinte. Um problema encontrado pela análise do VSM (Figura 52 do Anexo C) foi a falta de balanceamento de tarefas, levando a troca muito frequente de postos de trabalho.

Pela análise do diagrama de esparguete (Figura 78 do Anexo F), verificou-se a existência de alguns desperdícios de movimentação, devido à falta de organização da secção de trabalho.

Foram também observados alguns desperdícios mais pontuais, como o de colagem de etiquetas, que exige uma comparação do tamanho real da conduta com o valor nas etiquetas. Isso é feito manualmente, com uso de uma fita métrica, perdendo algum tempo.

#### 4.1.9 Acessórios Spiro

Toda a preparação e montagem é realizada por um único operador, havendo apenas perdas de tempo em deslocações entre cada peça.

A recolha das peças para montar é realizada pelos operadores de montagem, que separam as peças colocadas na estante do plasma, para cada acessório necessário produzir. Cada operador é responsável por montar uma peça do início ao fim (Figura 40), sendo que, o único problema encontrado é a falta pontual de matéria-prima.

A recolha dos aros para a montagem é feita pelos operadores da montagem, na zona do material retangular. Este problema foi resolvido com uso a uma pessoa responsável pelo seu abastecimento.

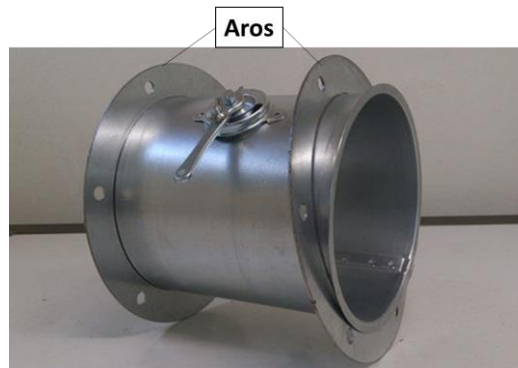


Figura 40 - Exemplo de um acessório spiro com aros.

#### 4.1.10 Pintura

Esta secção trabalha em articulação com a secção de expedição, sendo o passo final para o produto estar pronto. Devido ao trabalho em lotes das diferentes secções, cria-se uma sobrecarga de trabalho seguida de momentos de espera de material.

#### 4.1.11 Armazém

Na análise do armazém, foram verificados alguns problemas. O maior era a falta de controlo sobre o *stock* real, sendo produzidas peças que existiam em *stock*, e não os produtos com maior rotação. Isso criava a existência de *stock* elevados de produtos, com uma rotação muito baixa. Sendo as peças com volumes elevados, exigia espaços excessivos no armazém (Figura 41).

A falta de aproveitamento do espaço era evidente, existindo muitos espaços vazios nas prateleiras. Isso ocorria devido à falta de comunicação entre a produção e o armazém, não o utilizando para nivelar a produção e assim prevenir o aparecimento de urgências.



Figura 41 - Espaços vazios no armazém.

## 4.2 Implementação de melhorias

### 4.2.1 Curvas

#### Curvas pequenas

Após análise do VSM (Figura 53 do Anexo C) e diagrama de esparguete (Figura 72 do Anexo F), conclui-se que uma das opções seria a criação de uma célula de produção, para a qual foi feita a proposta à direção da empresa (Figura 75 do Anexo F).

Após o seu consentimento, foi posta em prática (Figura 42) de forma a poder testar-se a produtividade da célula de produção. Para isso comparou-se duas situações idênticas (Produção de 50 curvas de Ø100mm a 90°), a partir das quais se retirou os dados para o VSM atualizado (Figura 58 do Anexo C).



Figura 42 - Comparação entre estado inicial (esquerda) e final (direita).

#### Comparação entre o estado inicial e o final

Segundo Wemmerlov (1989), com a implementação de células de produção, é expectável uma redução de 62% e 70% nos *stocks* em curso e tempo de saída da primeira peça, respetivamente. Analisando a Figura 43, observamos que, neste caso, obteve-se uma redução do stock intermédio de 96,4%, bastante acima do expectável. Já segundo Hunter and J.T.Black (2002), com a implementação da produção em células, observou uma redução de 50% da área ocupada, o que podemos comparar com o caso atual onde foi de 79,6%.

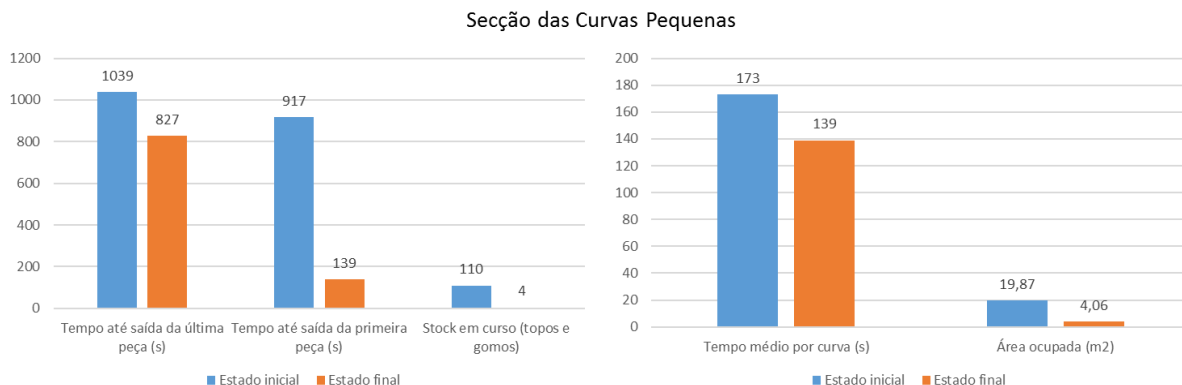


Figura 43 - Comparação do estado inicial e final da secção de curvas pequenas (Tabela 17 do Anexo J)



### Curvas médias e grandes

Tal como foi feito para o caso das curvas pequenas, após análise do diagrama de esparguete (Figura 71 do Anexo F) e do VSM (Figura 54 e Figura 55 do Anexo C), concluiu-se que uma das opções seria a criação de uma célula de produção. Para esse efeito, dividiram-se as operações de modo a obter um melhor balanceamento das operações (Figura 44).

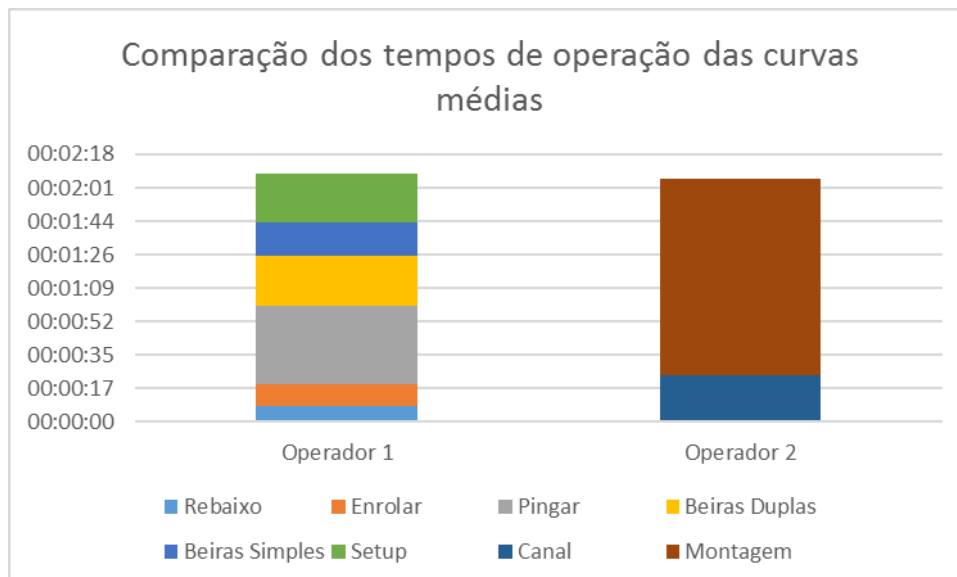


Figura 44 - Comparação dos tempos de operação da produção de curvas.

Com a análise da Figura 44, verificou-se a possibilidade de implementar *one-piece flow* (OPF) sendo que, os tempos de setup elevados das máquinas de beiras inviabilizavam essa situação (Figura 45).

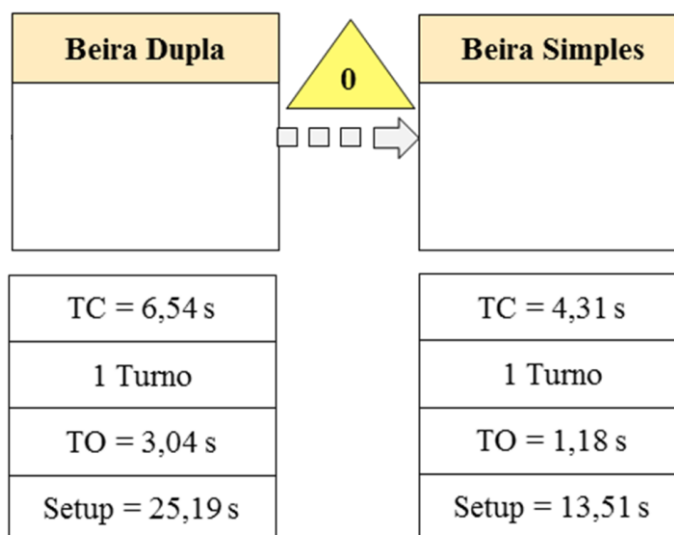


Figura 45 - Data Box da operação de beiras.

Na Figura 77 do Anexo F é possível verificar a proposta entregue à Direção que, depois de aprovada foi colocada em prática. Para resolver o problema dos tempos de setup foi criada uma peça (Figura 46) que permitiu também estandardizar a montagem das curvas.

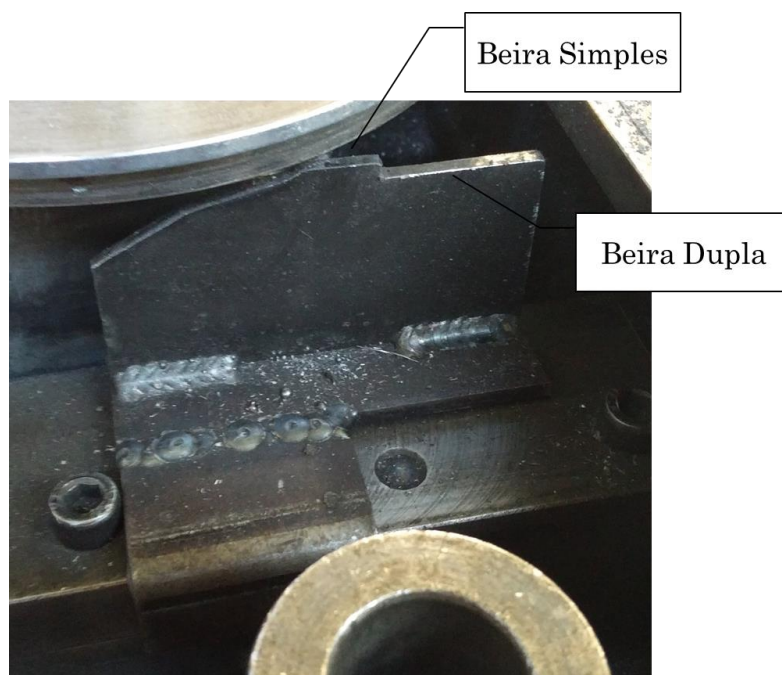


Figura 46 - Peça criada para redução dos tempos de *setup*.

A Figura 47 explica o funcionamento da peça, ou seja, quando a mesa se encontra encostada na face superior (Figura 47 a), forma-se uma beira simples, e na face inferior (Figura 47 b), uma beira dupla. Desta forma foi possível uniformizar as dimensões das beiras, podendo iniciar-se as curvas tanto por uma como por outra.

Isso também permitiu o encaixe de peças criadas com *setups* diferentes, algo que antes não era possível devido aos ajustamentos manuais.

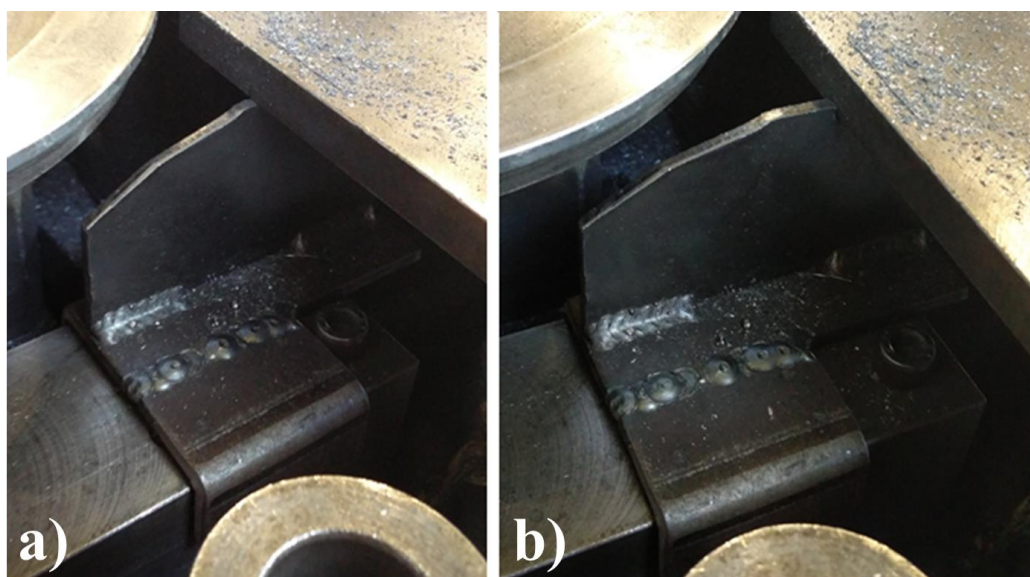


Figura 47 – Beiras: **a)** simples; **b)** beira dupla.

Assim, com a aplicação o OPF, bem como o uso do conceito de células de produção, foi possível reduzir a área total ocupada e eliminar o *stock* intermédio (Figura 48).

Para poder analisar o impacto das alterações, atualizou-se o VSM (Figura 59 do Anexo C), onde foi possível observar a redução dos tempos de operação, bem como o aumento de produtividade.



Figura 48 - Estado final da secção de curvas médias e grandes.

### Comparação entre o estado inicial e o final

Como se pode observar na Figura 49, da criação da célula de produção resultou um aumento da produtividade em 27,8%. Para isso foi necessária uma mudança no método de trabalho, de produção em lotes para OPF. Com essas implementações obteve-se uma redução do *lead time* em 86,2%, do *stock* em curso de 99,1% e tempo de setup em 88,7%. Esses valores superam os descritos por Ghosh and Offodile (2015) e (Wemmerlov, 1989), que são de 50,1%, 48,2% e 44,2% respetivamente. Tal como foi observado para a secção das curvas pequenas, obteve-se uma redução da área ocupada em 63,2%.

Um dos pontos importantes foi a redução do tempo total de operação, ou seja, criação dos topos e gomos e montagem em 47,5%. Isso deve-se ao OPF, que permite que o operário da montagem inicie o seu trabalho após a saída da primeira curva, estando os tempos balanceados de forma a poder acompanhar o ritmo do colega.

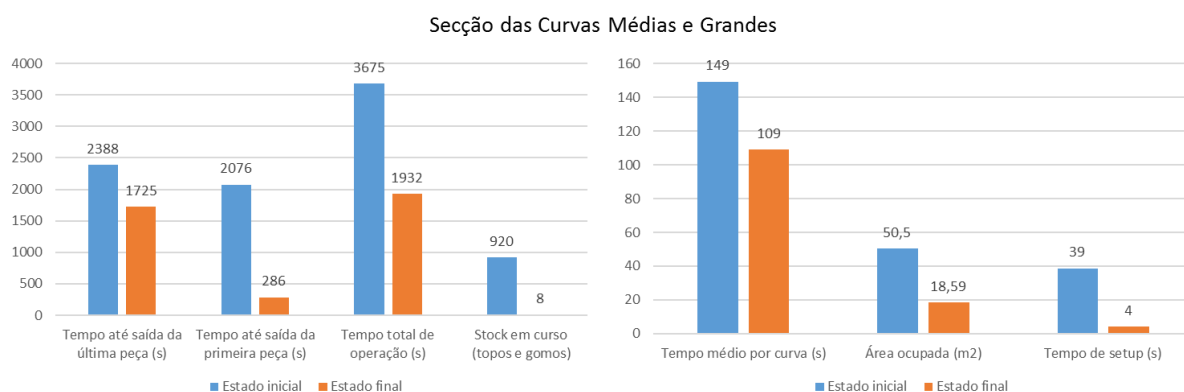


Figura 49 - Comparação do estado inicial e final da secção de curvas médias e grandes (Tabela 18 do Anexo J).

### 4.2.2 Armazém

Devido à grande variabilidade da produção de curvas, e à falta de controlo sobre o *stock* optou-se pela aplicação de um sistema de gestão visual (kanban), usando cartões, como mostra a Figura 83 do Anexo H. Para isso foi feito uma análise Pareto dos consumos de curvas, desde de janeiro de 2016 até agosto de 2016. Com essa análise foi possível calcular a

quantidade a produzir e, o ponto de encomenda para as curvas mais procuradas, usando as formulas 3.1, 3.2 e 3.3.

Inicialmente o volume de *stocks* era excessivo para as curvas com pouca saída, sendo nulo para as curvas com mais procura. Assim, com o uso dos *kanban's*, consegue-se uma produção mais nivelada, diminuindo o número de urgências.

Estes cartões estão afixados no armazém, servindo de ordem de produção para a secção das curvas, podendo assim produzir o serviço diário e apenas depois produzir as curvas.

### Comparação entre o estado inicial e o final

Como se pode observar na Figura 50, apesar de haver um aumento de stock total, este ocupa menos posições. Isso deve-se ao facto de se eliminar o *stock* de produtos com menor rotatividade, mantendo aqueles que têm maior rotatividade.

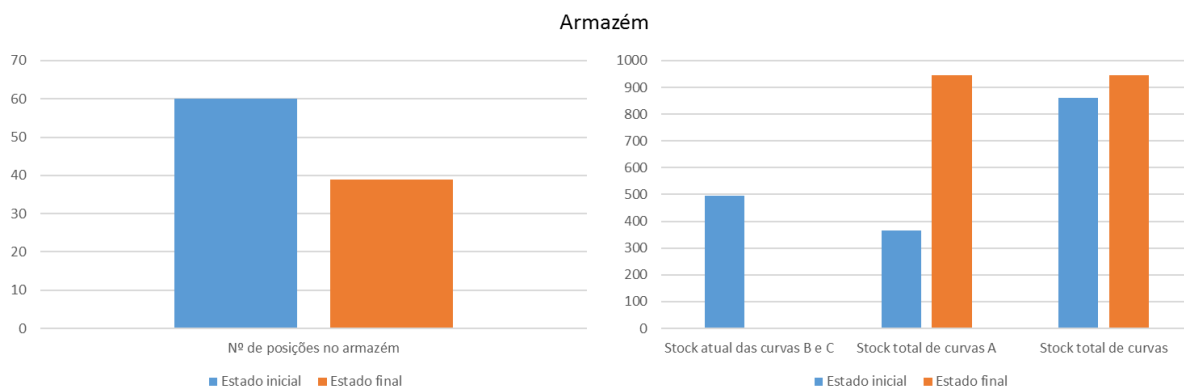


Figura 50 - Comparação do estado inicial e final do armazém (Tabela 19 do Anexo J).



## 5 Conclusões e perspectivas de trabalho futuro

Durante o desenvolvimento do trabalho nestes últimos quatro meses, pode observar-se duas empresas muito distintas em termos de aplicação de metodologia Lean.

A primeira, Saint-Gobain Abrasivos, foi objeto de vários projetos de metodologia Lean e à implementação da sua própria filosofia de melhoria contínua, *World Class Manufacturing*. Com um gabinete dedicado a essa área, já atingiram um estado avançado de melhoria da produção, tendo já aplicado muitas das ferramentas indicadas durante a dissertação. Por outro lado, Os Netos do Simão, apesar de terem um gabinete de qualidade, tinham apenas feito uso, de algumas das ferramentas Lean.

Deste modo pôde comparar-se as duas situações, as semelhanças e as diferenças, bem como os resultados obtidos.

Para iniciar o estudo do estado inicial, foi fulcral o contacto com os funcionários das secções, e desse modo foi possível verificar os problemas por eles descritos. Usando essa informação, bem como a proveniente da análise dos processos e dos seus tempos associados, foi possível identificar os problemas.

Uma das principais diferenças entre as duas empresas é a amplitude do projeto. Na Saint-Gobain Abrasivos a implementação das ferramentas Lean estava focada nas zonas de embalagem e expedição e no armazém de especialidades. No entanto n'Os Netos do Simão, a implementação da metodologia expandiu-se a toda a empresa.

No primeiro caso de estudo, Saint-Gobain Abrasivos, os problemas centravam-se na organização do espaço e abastecimento de matérias-primas nas secções de embalagem e expedição. No caso do armazém das especialidades, as distâncias percorridas e a localização dos produtos contribuíam para diminuição da produtividade.

No segundo caso de estudo, Os Netos do Simão, foram logo identificados alguns problemas, sendo os *muda* de transporte e movimento dos mais importantes. Além disso foi verificado que a produção se realiza em lotes elevados, dando azo a *stocks* em curso muito elevados. Nestes casos o uso do VSM era de grande importância, pois permitia analisar o fluxo de produção e informação de cada setor e assim, observar-se potenciais melhorias. Como no primeiro caso os produtos são muito variáveis, o uso do VSM não é aconselhável.

Foi assim possível propor soluções com base na filosofia Lean e as suas ferramentas.

Independente do caso de estudo, os 5S's e a gestão visual foram passos fundamentais para a melhoria de produtividade. Não havendo a necessidade de comunicação verbal cria um método de passagem de informação sem necessidade da presença das duas pessoas, evitando assim tempos de espera e má comunicação. No caso dos 5S's foi possível normalizar as ferramentas necessárias e definir um local próprio, facilitando a sua localização.

No primeiro caso de estudo, foi a criação de um posto de trabalho para o abastecedor de etiquetas o ponto inicial para as restantes mudanças. A reorganização do espaço e do armazém permitiu uma melhor utilização do local e diminuir os *muda* de movimento.

Já no segundo caso de estudo, as melhorias foram mais focadas na secção de curvas, tendo havido resultados muito positivos com a mudança para células de produção. Estas consistiram na criação de células de produção, redução dos lotes de trabalho e na redução dos tempos de *setups*.

Para a implementação das melhorias foram sentidas algumas limitações, devido ao curto tempo de duração do projeto. Várias propostas foram já aceites pela direção, no entanto não puderam ser concluídas em tempo útil, para a sua apresentação neste trabalho.

Como ponto final, observou-se as vantagens da aplicação da filosofia Lean, em indústrias muito diferentes e em pontos diferentes de melhoria, conseguindo resultados bastante positivos. Assim pode-se afirmar, que a filosofia Lean é uma ferramenta essencial no mercado de trabalho atual, onde a redução de custos é um ponto fulcral para a competitividade de uma empresa.

## 5.1 Perspetivas de trabalhos futuros

O tempo para a implementação da filosofia Lean foi bastante reduzido, o que deixou um grande número de melhorias por implementar. Todo o trabalho seguinte será continuado pelas equipas da XC Consultores, Lda.

Relativamente à Saint-Gobain Abrasivos, tendo o projeto a mesma duração que a dissertação, estes foram os valores finais, havendo mesmo assim oportunidades para trabalhos futuros. Um deles seria a aplicação do mesmo método usado pelo armazém de especialidades no armazém geral, de forma a evitar os problemas transversais aos dois, bem como a alteração da secção de especialidades, uma área em crescimento para outra zona da fábrica.

N'Os Netos do Simão, como o prazo da implementação de melhorias é bastante superior ao da dissertação, há espaço para a aplicação de um grande número de melhorias, já acordadas com a empresa.

### Corte de plasma

- Agrupar o corte por ordens, de forma a facilitar a sua organização.
- Uso de um local específico para as peças cortadas de cada secção, de forma a facilitar a sua distribuição/recolha.

### Corte de rolos

- Otimização do tempo gasto na máquina de corte de rolos, evitando a deslocação entre máquinas.

### Tubo calandrado

- Estudar novo *layout* e/ou mudança da secção (usando o espaço vago do armazém).

### Pintura

- Analisar o potencial uso do operador de pintura para a recolha do material pronto.

### Acessórios Spiro

- Analisar o potencial uso de um preparador para a zona de montagem;
- Uso de carrinhos para cada operador de montagem como sistema Kanban

### Gerais

- Aplicação da metodologia 5S a todos os setores da empresa:
  - Eliminar o uso de gavetas para guardar ferramentas.

## Referências

- Adler, Paul S., Barbara Goldoftas, and David I. Levine. 1999. "Flexibility Versus Efficiency? A Case Study of Model Changeovers in the Toyota Production System." *Organization Science* 10 (1): 43–68. <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-0033433503&partnerID=tZOtx3y1>.
- Ballakur, Arvind, and Harold Steudel. 1987. "A within-Cell Utilization Based Heuristic for Designing Cellular Manufacturing Systems.pdf." *International Journal of Production Research* 25 (5): 639–65. doi:10.1080/00207548708919868.
- Braglia, M., G. Carmignani, and F. Zammori. 2006. "A New Value Stream Mapping Approach for Complex Production Systems." *International Journal of Production Research* 44 (18-19): 3929–52. doi:10.1080/00207540600690545.
- Chase, R B, N J Aquilano, and F R Jacobs. 2001. *Operations Management for Competitive Advantage*. Irwin/McGraw-Hill Series in Operations and Decision Sciences. McGraw-Hill Irwin.
- Chiarini, Andrea. 2012. *Lean Organization: From the Tools of the Toyota Production System to Lean Office: From the Tools of the Toyota Production System to Lean Office*. Vol. 3. Springer Science & Business Media.
- "Classificação ABC." 2016. Accessed June 21. <http://corporativosupply.com.br/novo/wp-content/uploads/curvaabc.png>.
- Courtois, A, C Martin-Bonnefois, M Pillet, and H Costa. 1997. *Gestão Da Produção*. LIDEL.
- "Gestão de Inventário." 2016. Accessed June 17. [http://thalys.gr/pagesuk/technicalissues/management/production-management/production\\_management\\_production\\_management\\_p44.htm](http://thalys.gr/pagesuk/technicalissues/management/production-management/production_management_production_management_p44.htm).
- Ghosh, Suvankar, and O Felix Offodile. 2015. "A Real Options Model of Phased Migration to Cellular Manufacturing." *International Journal of Production Research* 7543 (October). doi:10.1080/00207543.2015.1095367.
- Greif, Michel. 1991. *The Visual Factory: Building Participation through Shared Information*. Productivity Press.
- Hunter, Steven, and J.T.Black. 2002. "Lean Remanufacturing: A Cellular Case Study." *Journal of Andvanced Manufacturing Systems* 6 (2): 1–3.
- Jasti, Naga Vamsi Krishna, and Aditya Sharma. 2014. "Lean Manufacturing Implementation Using Value Stream Mapping as a Tool: A Case Study from Auto Components Industry." *International Journal of Lean Six Sigma* 5 (1): 89–116. doi:10.1108/IJLSS-04-2012-0002.
- Jiménez, Mariano, Luis Romero, Manuel Domínguez, and María del Mar Espinosa. 2015. "5S Methodology Implementation in the Laboratories of an Industrial Engineering University School." *Safety Science* 78 (October). Elsevier: 163–72. doi:10.1016/j.ssci.2015.04.022.

- Keyte, Beau, and Drew A Locher. 2004. *The Complete Lean Enterprise: Value Stream Mapping for Administrative and Office Processes*. CRC Press.
- King, Peter L. 2011. "Crack the Code. Understanding Safety Stock and Mastering Its Equations." *Apics*, no. August: 33–36. <http://gala.gre.ac.uk/3955/>.
- Liker, J K. 1997. *Becoming Lean: Inside Stories of U.S. Manufacturers*. Taylor & Francis. <https://books.google.co.in/books?id=xBHVjF8NsOMC>.
- Liker, Jeffrey K. 2003. "The 14 Principles of the Toyota Way : An Executive Summary of the." *The 14 Principles of the Toyota Way : An Executive Summary of the*, 35–41.
- Liker, Jeffrey K. 2007. *The Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer. Action Learning: Research and Practice*. Vol. 4. doi:10.1080/14767330701234002.
- Liker, Jeffrey K., and James M. Morgan. 2006. "The Toyota Way in Services: The Case of Lean Product Development." *Academy of Management Perspectives* 20 (2): 5–20. doi:10.5465/AMP.2006.20591002.
- Melton, T. 2005. "The Benefits of Lean Manufacturing." *Chemical Engineering Research and Design* 83 (6): 662–73. doi:10.1205/cherd.04351.
- Ohno, T. 1988. *Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production*. Taylor & Francis. doi:10.1108/eb054703.
- Pavnaskary, S J, J K Gershensony, and A B Jambekarz. 2003. "Classification Scheme for Lean Manufacturing Tools." *Int. J. Prod. Res* 41 (13): 3075–90. doi:10.1080/0020754021000049817.
- "Produtos - OS NETOS DO SIMÃO." 2016. Accessed April 21. [http://osnetosdosimao.com/epages/NETOS\\_SIMAO\\_COMERCIO\\_INDUSTRIA\\_PICHELARIA\\_SA\\_9929613.sf/pt\\_PT/?ObjectPath=/Shops/NETOS\\_SIMAO\\_COMERCIO\\_INDUSTRIA\\_PICHELARIA\\_SA\\_9929613/Categories/Produtos](http://osnetosdosimao.com/epages/NETOS_SIMAO_COMERCIO_INDUSTRIA_PICHELARIA_SA_9929613.sf/pt_PT/?ObjectPath=/Shops/NETOS_SIMAO_COMERCIO_INDUSTRIA_PICHELARIA_SA_9929613/Categories/Produtos).
- "Push vs Pull." 2016. Accessed August 27. <http://image.slidesharecdn.com/pull-1228766484143737-8/95/kanban-pull-system-9-728.jpg?cb=1434534164>.
- Rahani, a.R. R, and Muhammad Al-Ashraf. 2012. "Production Flow Analysis through Value Stream Mapping: A Lean Manufacturing Process Case Study." *Procedia Engineering* 41 (Iris): 1727–34. doi:10.1016/j.proeng.2012.07.375.
- Rother, Mike, and John Shook. 2003. *Learning to See: Value Stream Mapping to Add Value and Eliminate Muda*. Lean Enterprise Institute.
- "Saint-Gobain Abrasivos - Produtos Abrasivos." 2016. Accessed April 19. <http://saint-gobain-abrasivos.pt/pt/ms/ms/produtos-abrasivos-4475-187-maia/ms-90017912-p-2/>.
- Shingo, Shigeo. 1985. *A Revolution in Manufacturing: The SMED System*. Productivity Press.
- Structures, Vehicle, R Durga Prasad, K Vishwa Kumar, and P A Jeeva. 2016. "Systematic Layout Planning and Balancing of Engine Production Processes for After Test and After Paint Assembly Lines" 8 (1): 41–44. doi:10.4273/ijvss.8.1.08.
- Trevino, J., B. J. Hurley, and W. Friedrich. 1993. "A Mathematical Model for the Economic Justification of Setup Time Reduction." *International Journal of Production Research* 31 (1): 191–202. doi:10.1080/00207549308956720.
- Urban, Timothy L. 2005. "Inventory Models with Inventory-Level-Dependent Demand: A Comprehensive Review and Unifying Theory." *European Journal of Operational Research*.

- Ward, Peter T. 2002. “Lean Manufacturing : Context , Practice Bundles , and Performance  
Lean Manufacturing : Context , Practice Bundles , and Performance” 43221 (August):  
129–49.
- Wemmerlov. 1989. “Cellular Manufacturing in Us Industries .Pdf.” doi:0020-7543.
- Womack, James P, and Daniel T Jones. 2010. *Lean Thinking: Banish Waste and Create  
Wealth in Your Corporation*. Simon and Schuster.
- Womack, James P., Daniel T. Jones, and Daniel Roos. 1990. *The Machine That Changed the  
World: The Story of Lean Production*. World. doi:10.1016/0024-6301(92)90400-V.

## ANEXO A: Layout

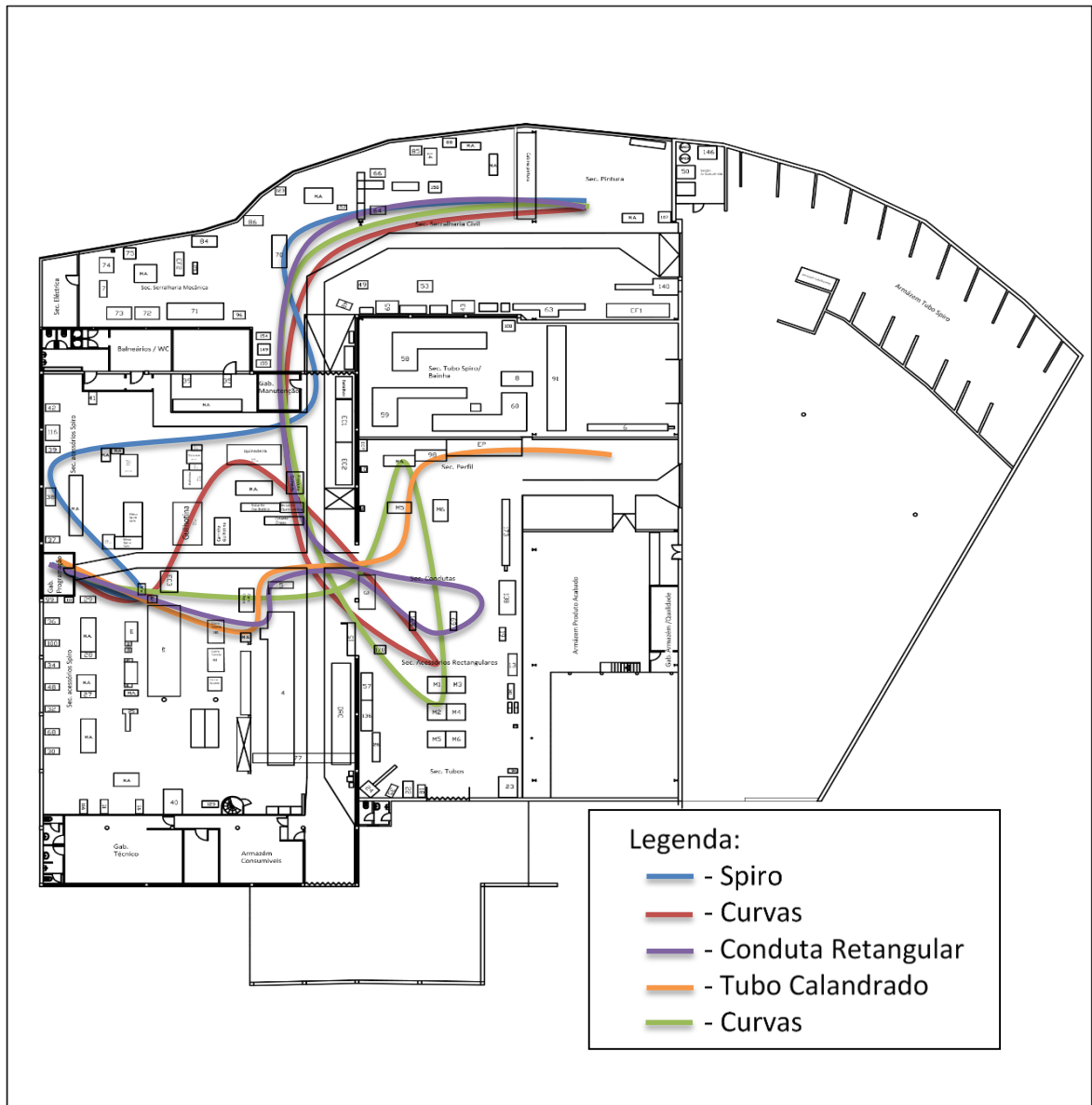


Figura 51 - Layout e fluxos de produção d'Os Netos do Simão (ampliado).

## ANEXO B: Análise de tempos

Tabela 9 - Tempos de embalagem de discos.

<i>Tarefa</i>	<i>Tipo de tarefa</i>	<i>Acrescenta valor?</i>	<i>Frequência</i>	<i>Duração</i>	<i>Valor acrescentado</i>
<i>Viagem de ida</i>	Externa	Não	2	00:02:08	3%
<i>Procurar caixa</i>	Externa	Não	1	00:00:35	1%
<i>Contar número necessário (40 caixas)</i>	Externa	Não	1	00:00:42	1%
<i>Regresso</i>	Externa	Não	2	00:02:08	3%
<i>Escolher etiqueta física</i>	Externa	Não	1	00:00:05	0%
<i>Preparação Impressora</i>	Externa	Não	1	00:00:21	0%
<i>Escolher etiqueta informática</i>	Externa	Não	1	00:00:07	0%
<i>Preenchimento dos dados</i>	Externa	Não	1	00:00:22	0%
<i>Impressão (400)</i>	Externa	Não	1	00:04:21	5%
<i>Impressão (40)</i>	Externa	Não	1	00:00:29	1%
<i>Controlo Qualidade (10)</i>	Interna	Não	1	00:12:50	15%
<i>Colocar etiqueta disco (10)</i>	Interna	Sim	1	00:31:22	38%
<i>Etiquetar caixa</i>	Interna	Sim	1	00:05:00	6%
<i>Montar caixa</i>	Interna	Não	1	00:02:00	2%
<i>Colocar aviso de segurança</i>	Interna	Sim	1	00:02:00	2%
<i>Colocar discos na caixa (10)</i>	Interna	Sim	1	00:02:53	3%
<i>Fechar caixa</i>	Interna	Não	1	00:03:43	4%
<i>Arrumar caixa</i>	Interna	Não	1	00:12:17	15%
<i>Total</i>			20	01:23:24	100%

Tabela 10 - Tempos de embalagem de rolos.

<i>Tarefa</i>	<i>Tipo de tarefa</i>	<i>Acrescenta valor?</i>	<i>Frequência</i>	<i>Duração</i>	<i>Valor acrescentado</i>
<i>Viagem de ida</i>	Externa	Não	1	00:00:10,05	<b>0%</b>
<i>Escolher etiqueta física</i>	Externa	Não	1	00:00:05,34	<b>0%</b>
<i>Preparação Impressora</i>	Externa	Não	1	00:00:21,08	<b>0%</b>
<i>Escolher etiqueta informática</i>	Externa	Não	1	00:00:07,43	<b>0%</b>
<i>Preenchimento dos dados</i>	Externa	Não	1	00:00:21,50	<b>0%</b>
<i>Impressão Rolos</i>	Externa	Não	1	00:03:47,50	<b>2%</b>
<i>Impressão Caixa</i>	Externa	Não	1	00:02:13,20	<b>1%</b>
<i>Regresso</i>	Externa	Não	2	00:01:38,45	<b>1%</b>
<i>Recolher Matéria Prima</i>	Externa	Não	1	00:35:15,30	<b>15%</b>
<i>Enrolar</i>	Externa	Sim	1	00:20:27,60	<b>9%</b>
<i>Colar Etiqueta Rolo</i>	Interna	Sim	1	00:17:03,00	<b>7%</b>
<i>Guardar</i>	Interna	Não	1	00:16:06,90	<b>7%</b>
<i>Preparar Etiquetas</i>	Interna	Não	1	00:22:22,20	<b>10%</b>
<i>Colar Etiqueta Caixa</i>	Interna	Sim	1	00:08:11,70	<b>4%</b>
<i>Montar Caixa Pequena</i>	Interna	Não	1	00:33:42,90	<b>15%</b>
<i>Embalar</i>	Interna	Sim	1	00:21:05,55	<b>9%</b>
<i>Fechar Caixa</i>	Interna	Não	1	00:06:37,65	<b>3%</b>
<i>Guardar Caixa</i>	Interna	Não	1	00:07:35,40	<b>3%</b>
<i>Expedição</i>					
<i>Recolher Porta-Paletes</i>	Interna	Não	1	00:03:09,00	<b>1%</b>
<i>Guardar Paleta na Expedição</i>	Interna	Não	1	00:07:25,60	<b>3%</b>
<i>Regresso</i>	Interna	Não	2	00:01:38,45	<b>1%</b>
<i>Montar Caixa Expedição</i>	Interna	Não	1	00:09:53,50	<b>4%</b>
<i>Arrumar Zona Expedição</i>	Interna	Não	1	00:10:34,20	<b>5%</b>
<b>Total</b>			<b>25</b>	<b>03:49:54</b>	<b>100%</b>



Tabela 11 - Tempos da máquina de corte de plasma.

Tarefa	Tipo de tarefa	Acrescenta valor?	Frequência	Duração	Valor acrescentado
<i>Selecionar programa</i>	Externa	-	4	01:31	3%
<i>Máquina inicia corte</i>	Externa	Sim	4	00:00	0%
<i>Espera</i>	Interna	Não	10	12:13	28%
<i>Separar ordem anterior</i>	Interna	-	1	00:35	1%
<i>Recolher OT</i>	Interna	Não	2	00:10	0%
<i>Marcar peças</i>	Interna	-	7	06:21	15%
<i>Recolher peças</i>	Interna	-	11	08:18	19%
<i>Arrumar peças</i>	Interna	-	8	01:51	4%
<i>Levar peças quinadora</i>	Interna	-	1	01:13	3%
<i>Retirar desperdício</i>	Interna	-	5	05:28	13%
<i>Colocar chapa nova</i>	Interna	Sim	2	01:25	3%
<i>Marcar OT</i>	Interna	Não	5	02:38	6%
<i>Erros do sistema</i>	Externa	Não	1	01:28	3%
<i>Máquina finaliza corte</i>	Externa	Sim	4	00:00	0%
<i>Corte manual restos</i>	Externa	Sim	1	00:30	1%
<i>Total</i>			<b>66</b>	<b>43:44</b>	<b>100%</b>

Tabela 12 - Tempos da máquina de corte de rolos.

<b>Tarefa</b>	<b>Tipo de tarefa</b>	<b>Acrescenta valor?</b>	<b>Frequência</b>	<b>Duração</b>	<b>Valor acrescentado</b>
<i>Recolher Rolo</i>	Externa	-	2	02:31	<b>6%</b>
<i>Colocar Novo Rolo</i>	Interna	-	2	04:57	<b>12%</b>
<i>Setup</i>	Externa	-	6	03:58	<b>9%</b>
<i>Corte</i>	Externa	Sim	6	10:16	<b>24%</b>
<i>Levar Material</i>	Externa	Não	5	02:46	<b>6%</b>
<i>Reforço</i>	Externa	Sim	7	02:25	<b>6%</b>
<i>Ajudar na Guilhotina</i>	Externa	Não	4	01:47	<b>4%</b>
<i>Marcar Peça</i>	Externa	-	2	00:44	<b>2%</b>
<i>Trazer Carrinho</i>	Externa	Não	3	01:05	<b>3%</b>
<i>Arrumar Carrinho</i>	Externa	Não	2	00:53	<b>2%</b>
<i>Cotas Manuais</i>	Externa	-	7	04:30	<b>10%</b>
<i>Marcar Ordens</i>	Externa	Não	5	03:15	<b>8%</b>
<i>Trazer OT e Etiquetas</i>	Externa	Não	1	01:08	<b>3%</b>
<i>Arrumar Peças</i>	Externa	Não	1	01:28	<b>3%</b>
<i>Chamar Pessoal</i>	Externa	Não	1	00:42	<b>2%</b>
<i>Organizar OT</i>	Externa	Não	1	00:31	<b>1%</b>
<b>Total</b>			<b>55</b>	<b>42:58</b>	<b>100%</b>

Tabela 13 - Tempos da quinadora.

<b>Tarefa</b>	<b>Tipo de tarefa</b>	<b>Acrescenta valor?</b>	<b>Frequência</b>	<b>Duração</b>	<b>Valor acrescentado</b>
<i>Quinar</i>	Externa	Sim	63	10:11	<b>20%</b>
<i>Limpar</i>	Externa	Não	4	03:59	<b>8%</b>
<i>Programar</i>	Externa	-	12	06:19	<b>13%</b>
<i>Quinar Manual</i>	Externa	Sim	7	04:07	<b>8%</b>
<i>Arrumar</i>	Externa	Não	1	00:17	<b>1%</b>
<i>Ajustar Peça</i>	Externa	Não	2	00:29	<b>1%</b>
<i>Arrumar Peça</i>	Externa	Não	7	01:54	<b>4%</b>
<i>Marcar Peça</i>	Externa	Não	3	00:51	<b>2%</b>
<i>Marcar OT</i>	Externa	Não	3	03:30	<b>7%</b>
<i>Recolher Matéria-prima</i>	Externa	Não	2	01:21	<b>3%</b>
<i>Medir</i>	Externa	Não	5	02:26	<b>5%</b>
<i>Corrigir Chapa</i>	Externa	Não	1	02:26	<b>5%</b>
<i>Colocar Cotas na Chapa</i>	Externa	Não	1	01:35	<b>3%</b>
<i>Setup</i>	Externa	-	4	06:55	<b>14%</b>
<i>Limpar Máquina</i>	Externa	Não	1	00:19	<b>1%</b>
<i>Adaptar OT por Falta de Pessoal</i>	Externa	Não	1	03:03	<b>6%</b>
<b>Total</b>			<b>117</b>	<b>49:44</b>	<b>100%</b>

## ANEXO C: VSM's

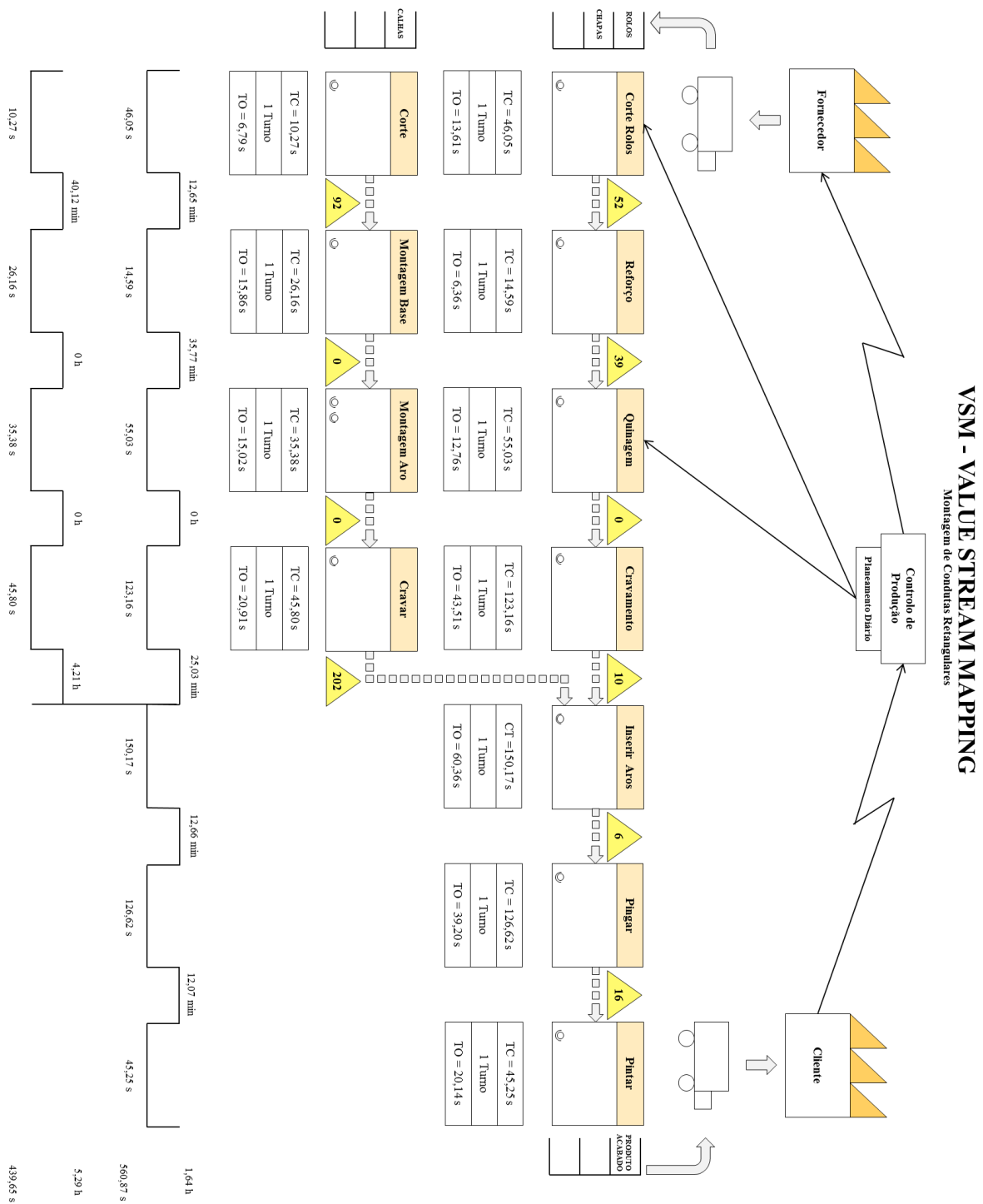


Figura 52 - VSM das Conduitas Retangulares.

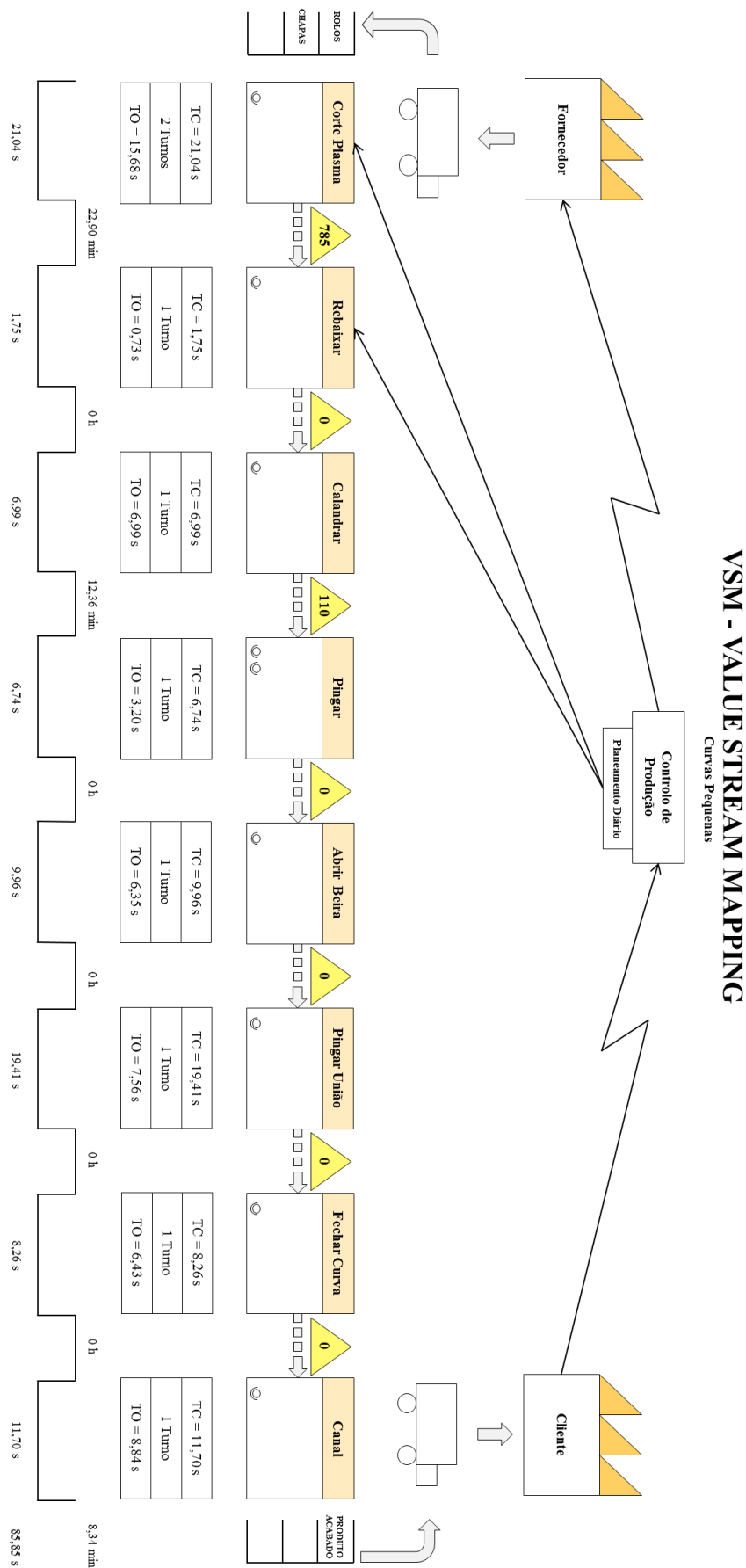


Figura 53 - VSM das Curvas Pequenas (Ø <125mm).

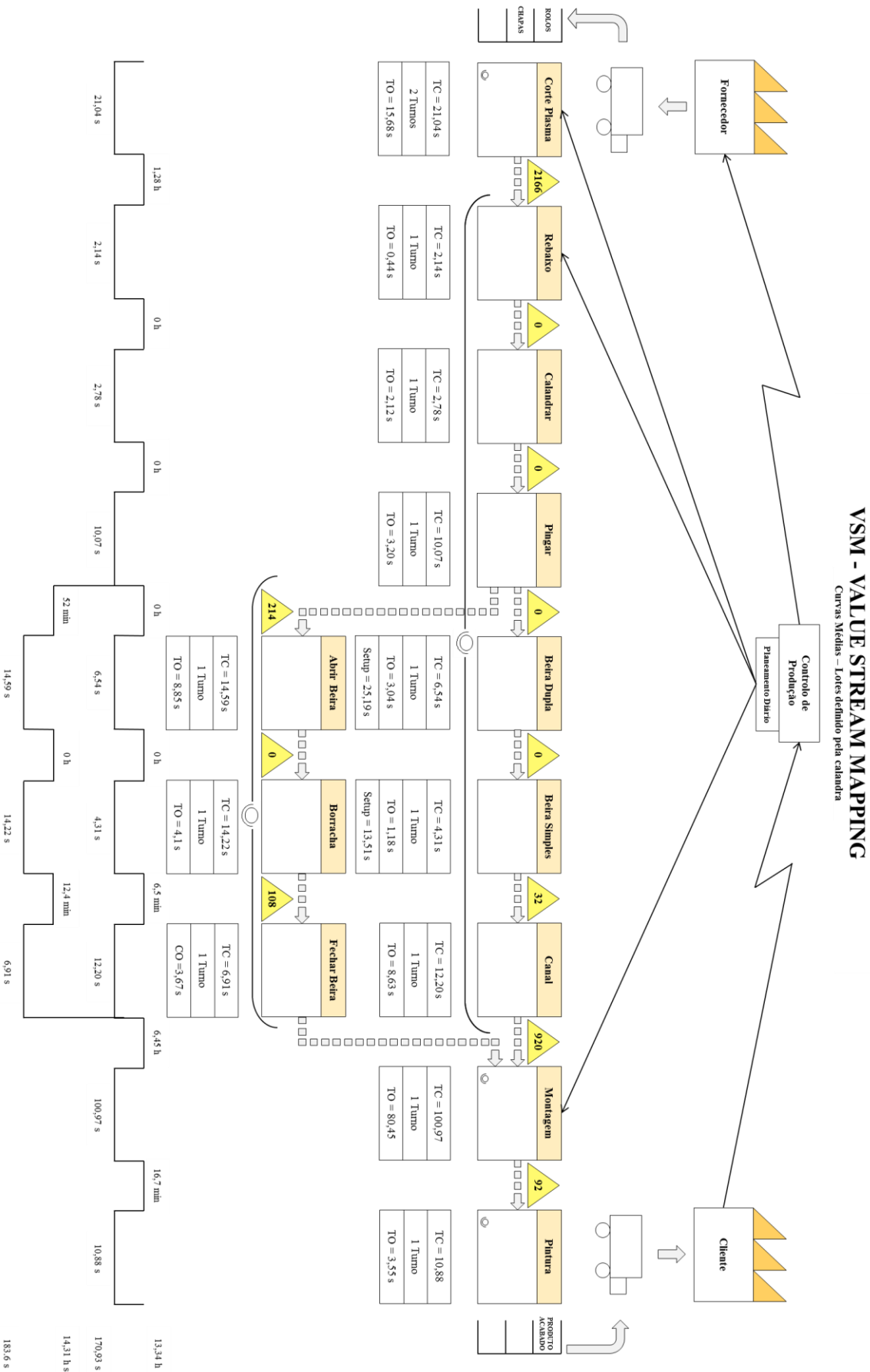


Figura 54 - VSM das Curvas Médias (125mm < Ø < 500mm).

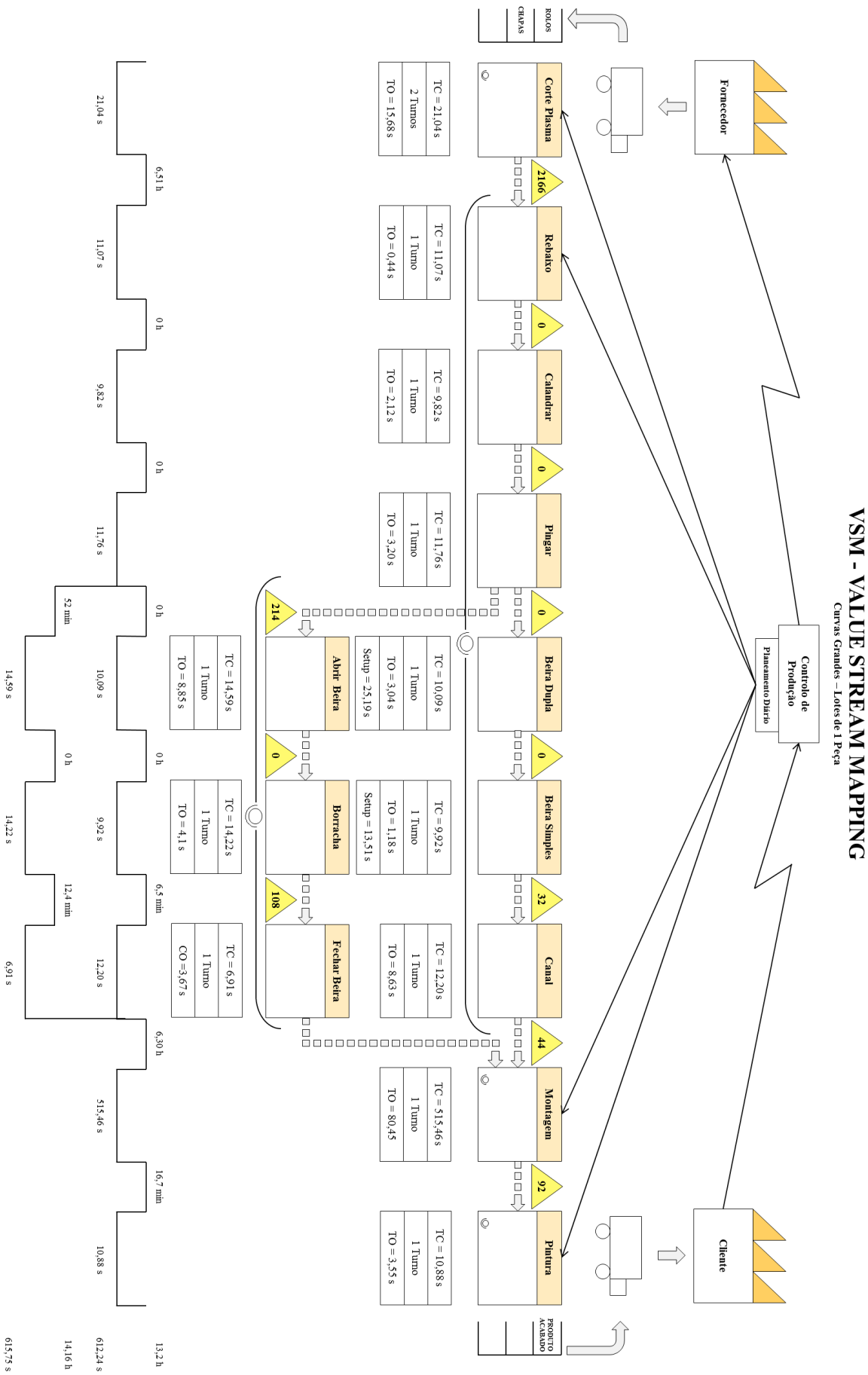


Figura 55 - VSM das Curvas Grandes ( $\varnothing \geq 500\text{mm}$ ).



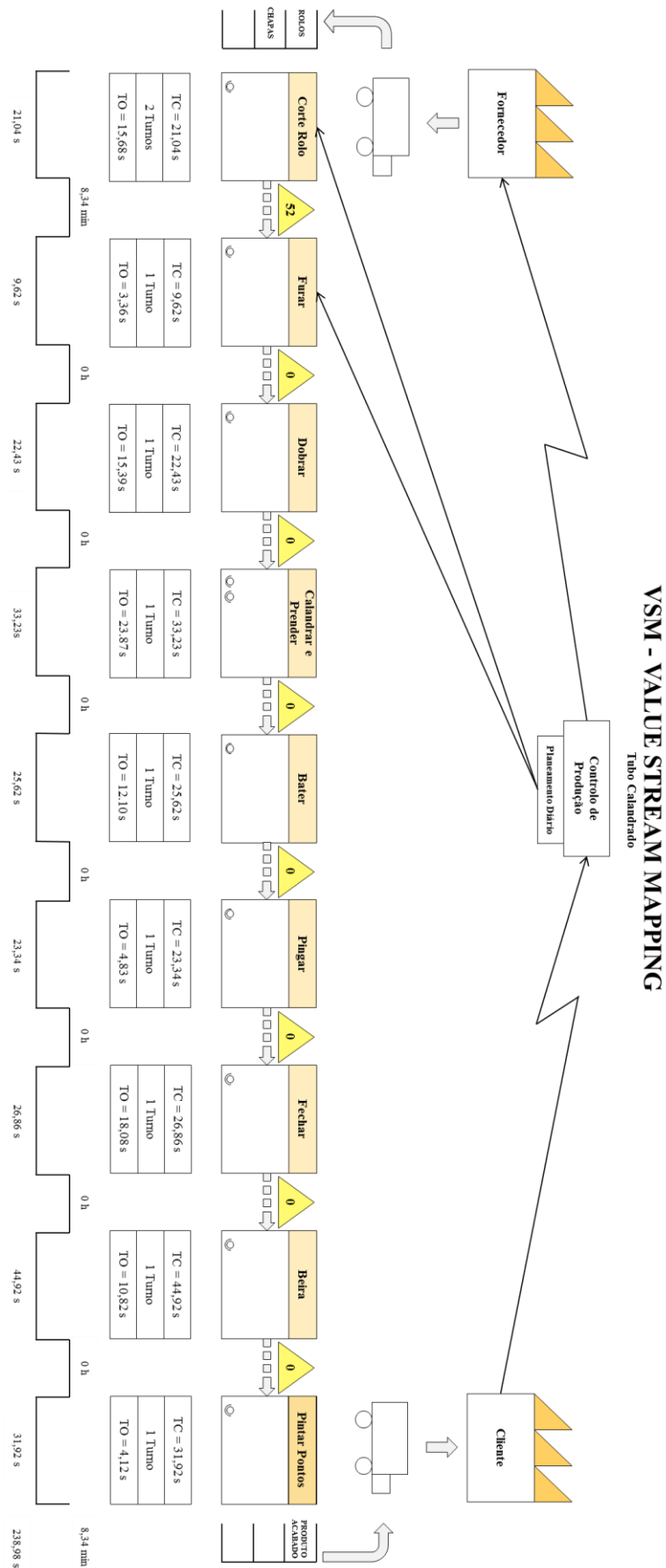


Figura 56 - VSM da Secção de Tubo Calandrado.

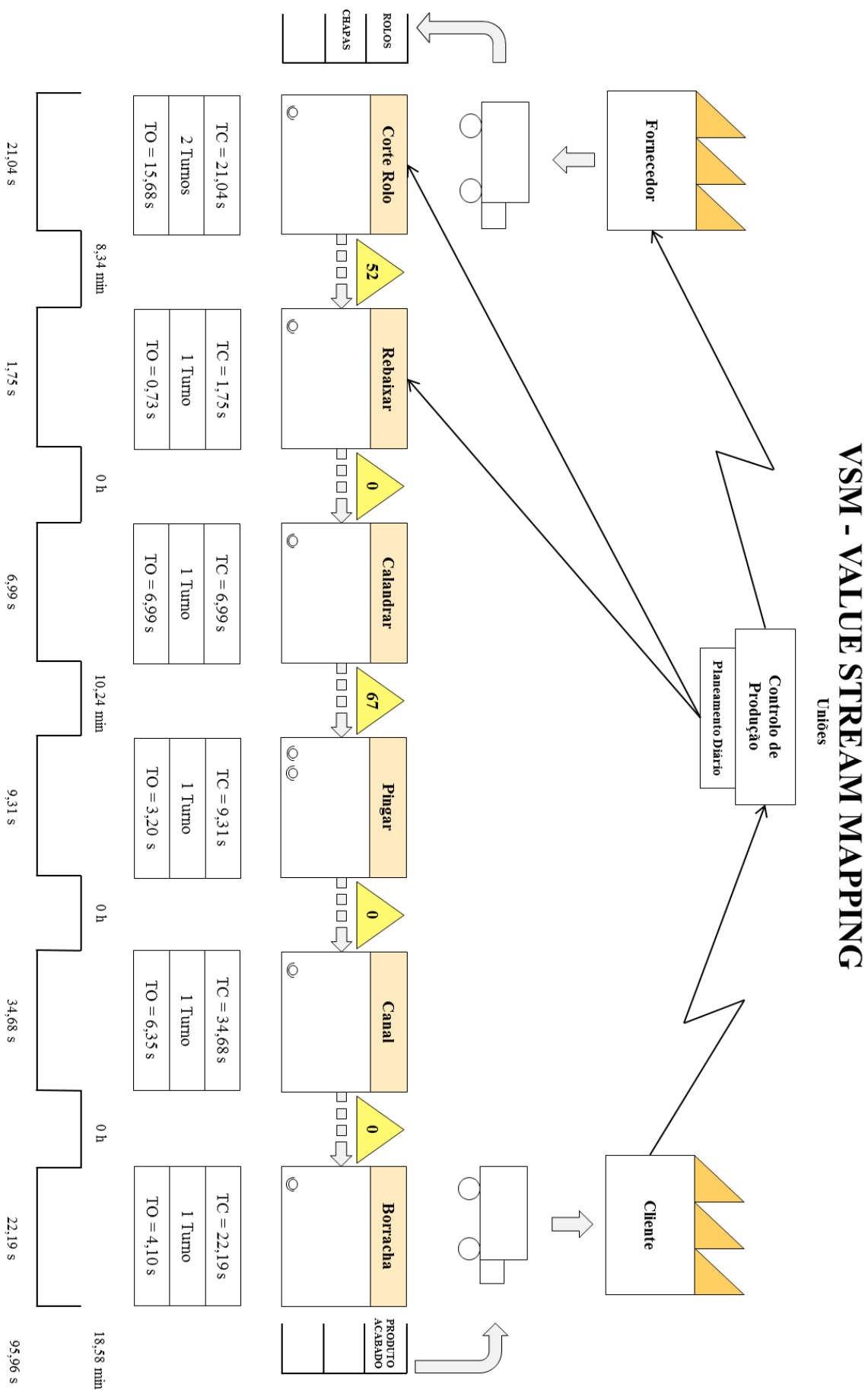


Figura 57 - VSM da Secção de Unões.

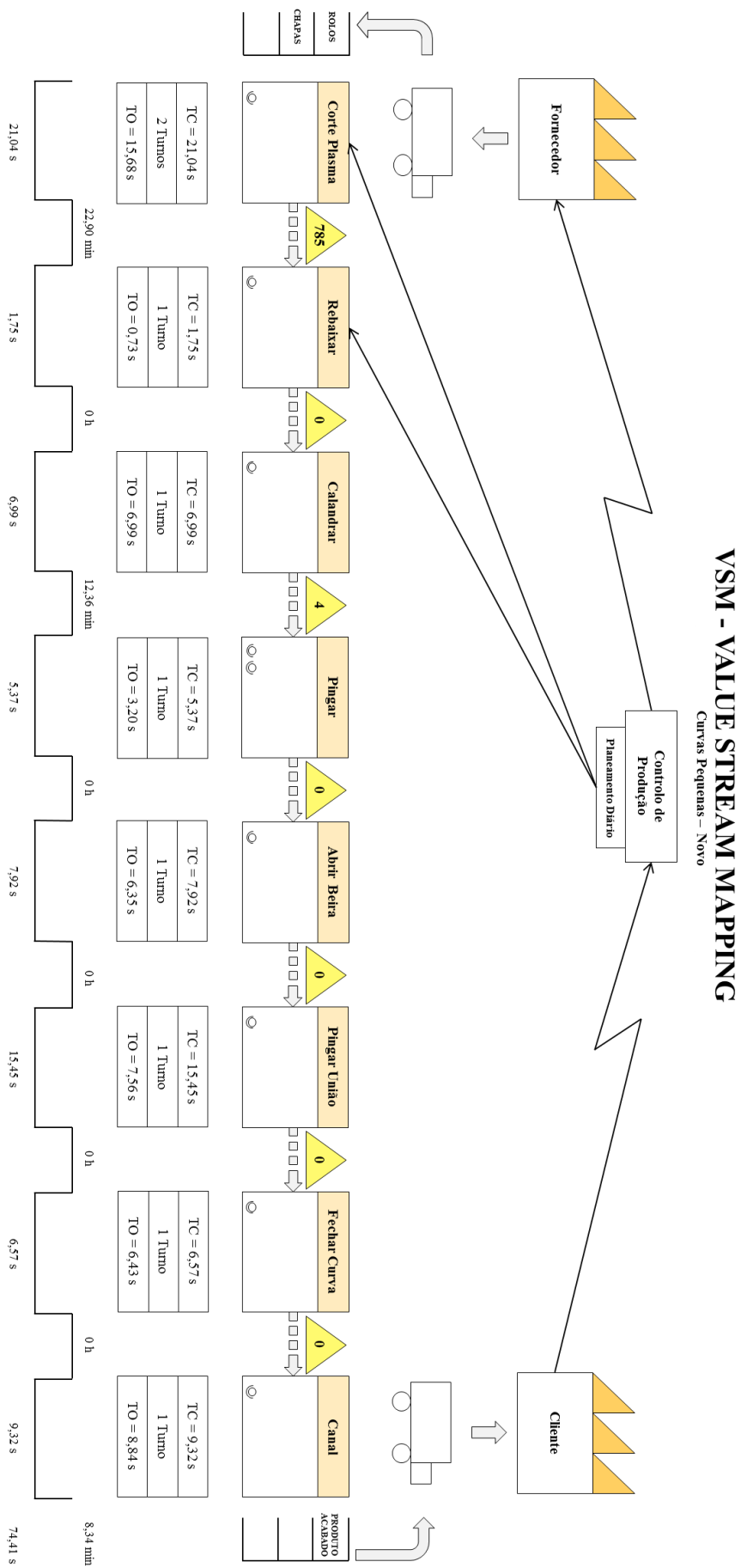


Figura 58 - VSM das Curvas Pequenas (Ø <125mm) – Novo.

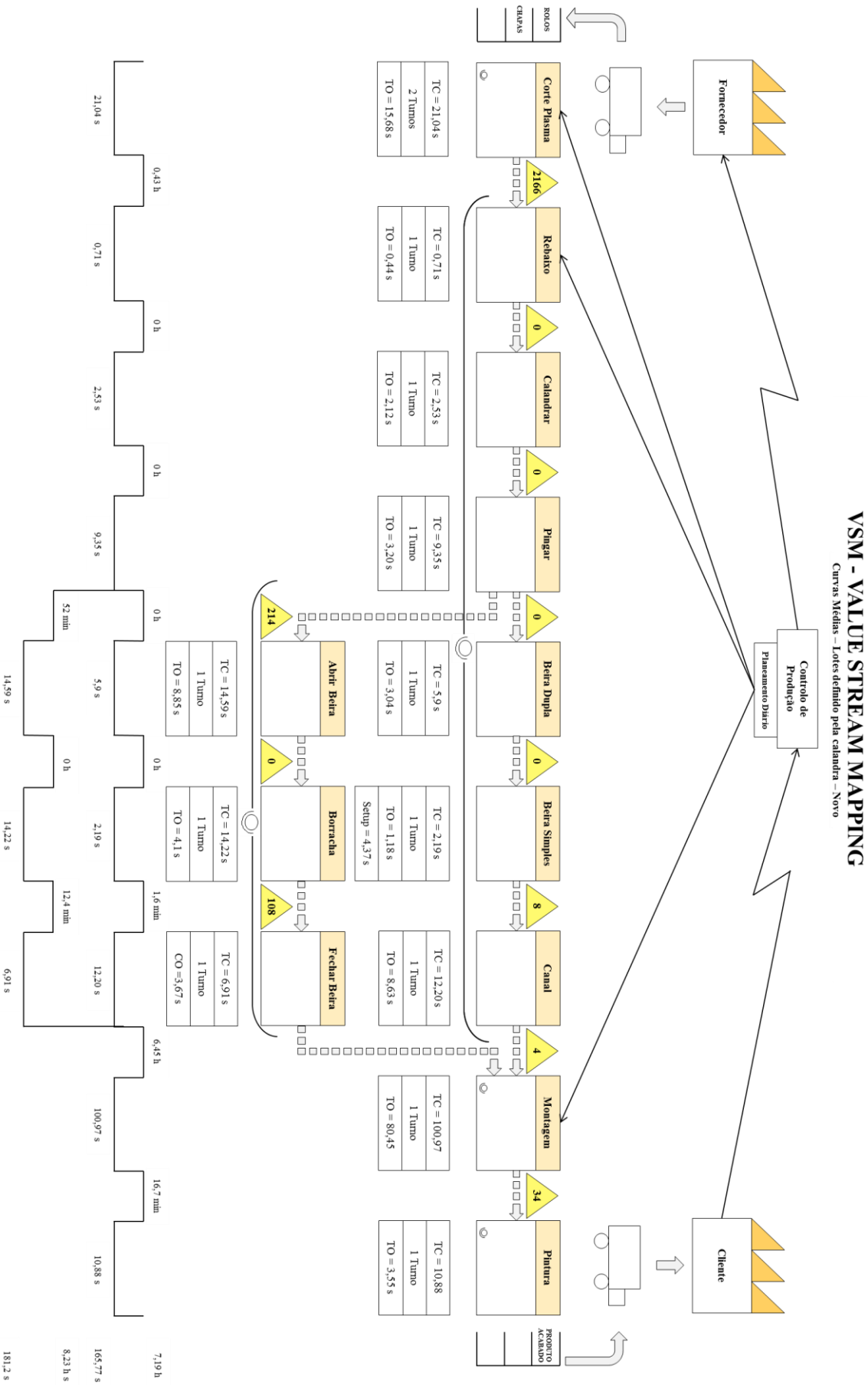


Figura 59 - VSM das Curvas Médias (125mm < Ø < 500mm) – Novo.

ANEXO D: Fluxograma de produção

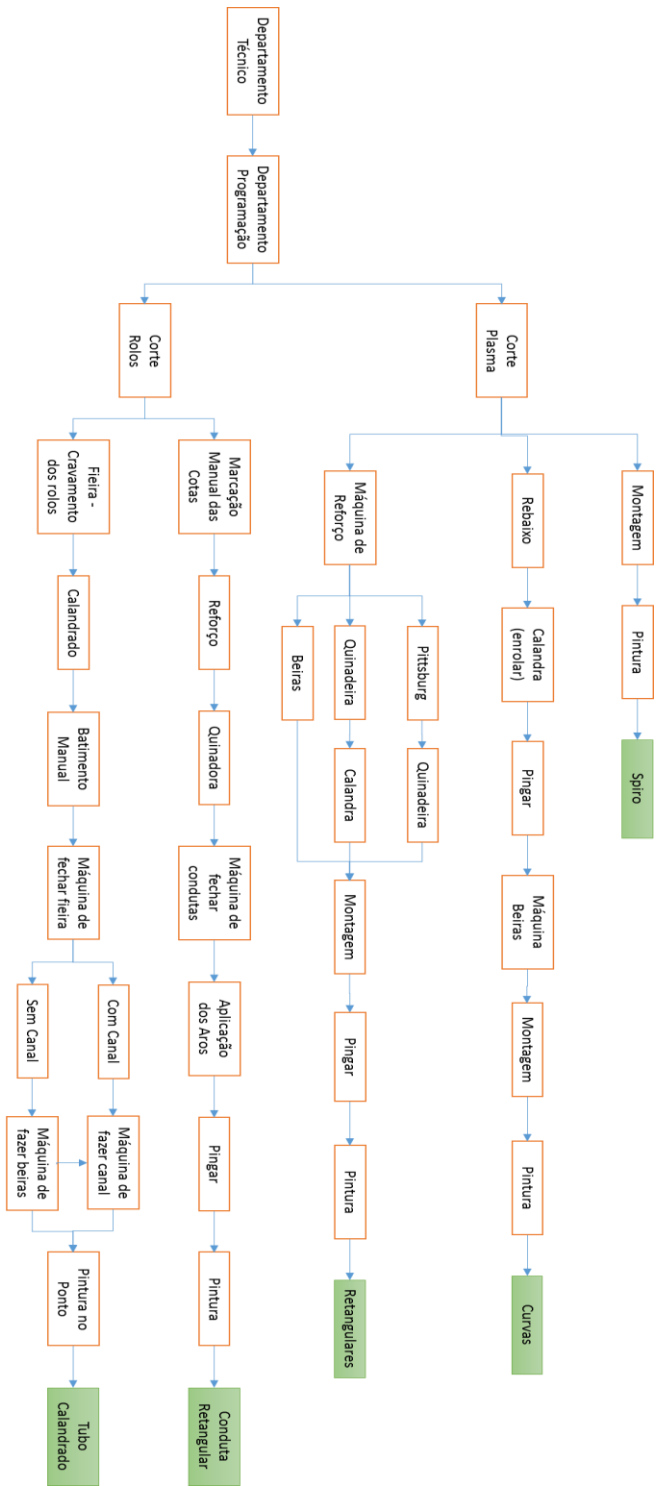


Figura 60 – Fluxograma de produção d’Os Netos do Simão.

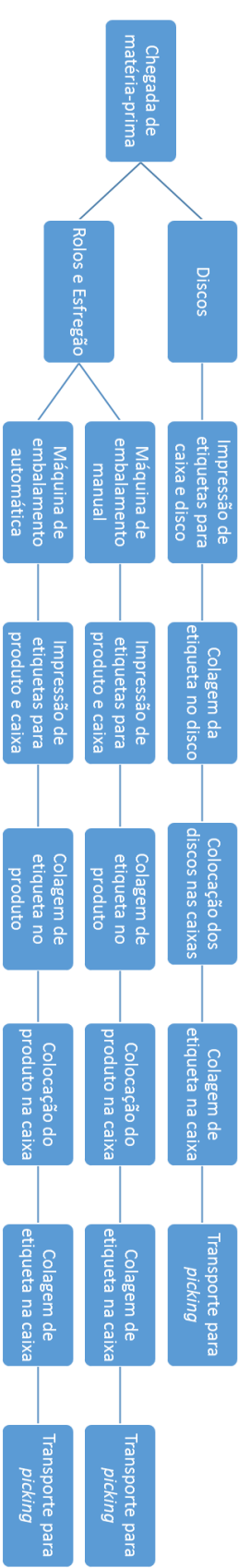


Figura 61 - Fluxograma de produção embalagem inicial.

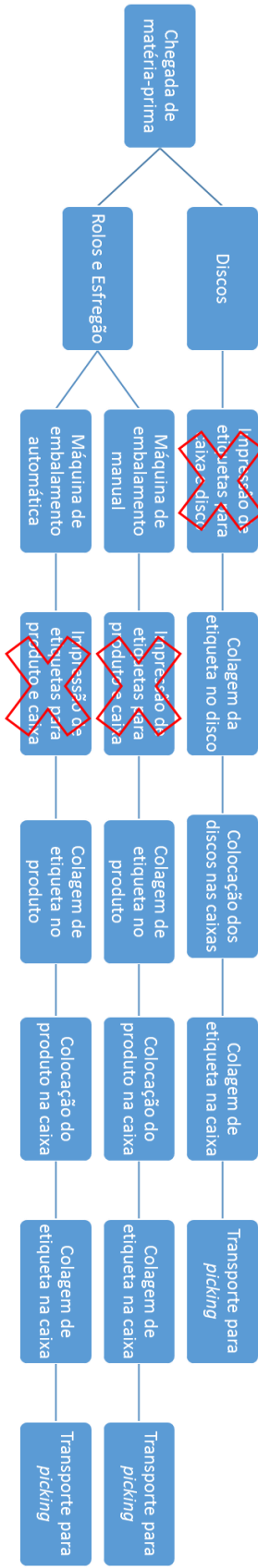


Figura 62 - Fluxograma de produção embalagem final

## ANEXO E: Simbologia VSM

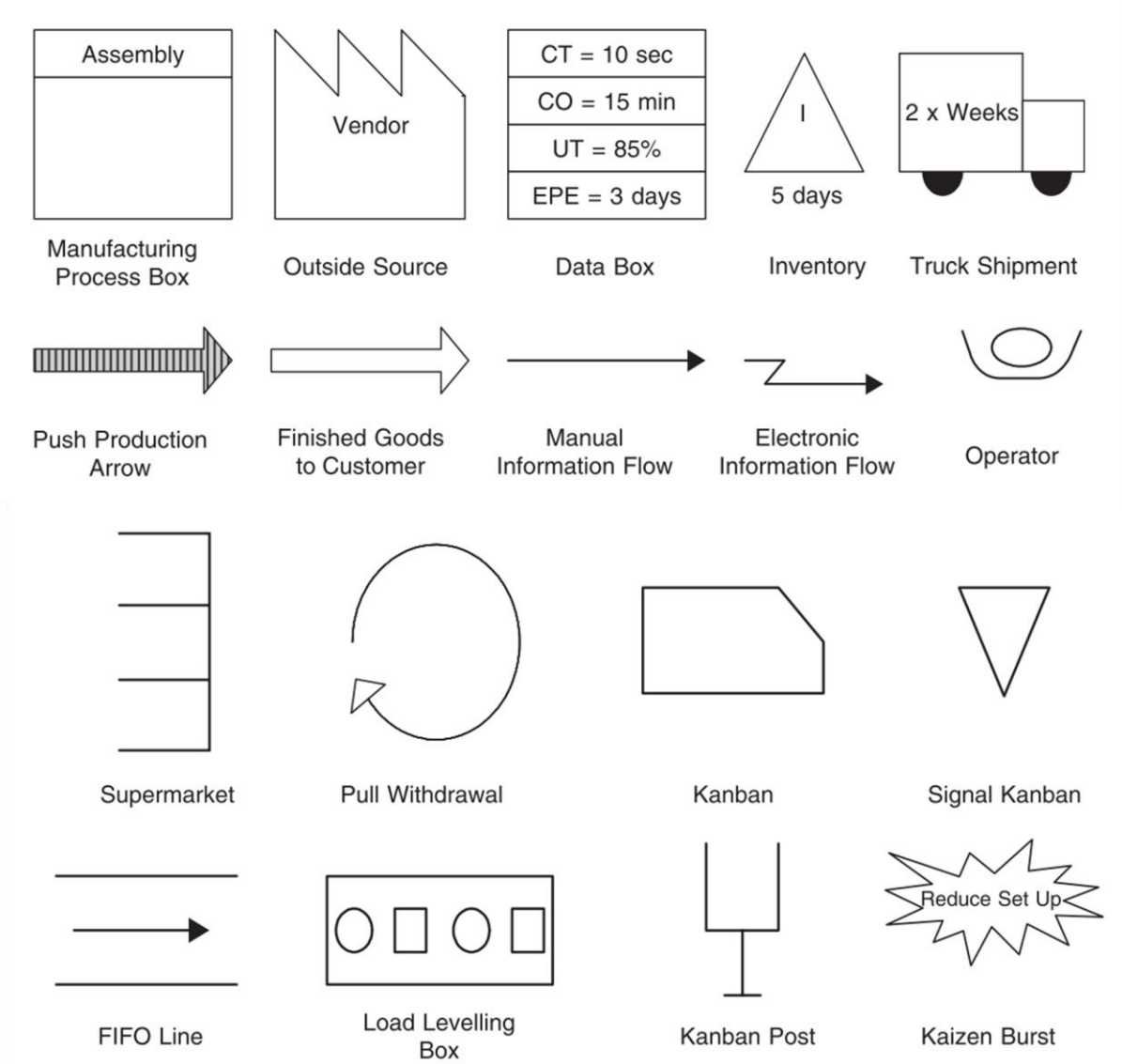


Figura 63 – Exemplos de simbologia VSM adaptado de Braglia et al., (2006) e Jasti and Sharma, (2014).



ANEXO F: Diagrama de esparguete

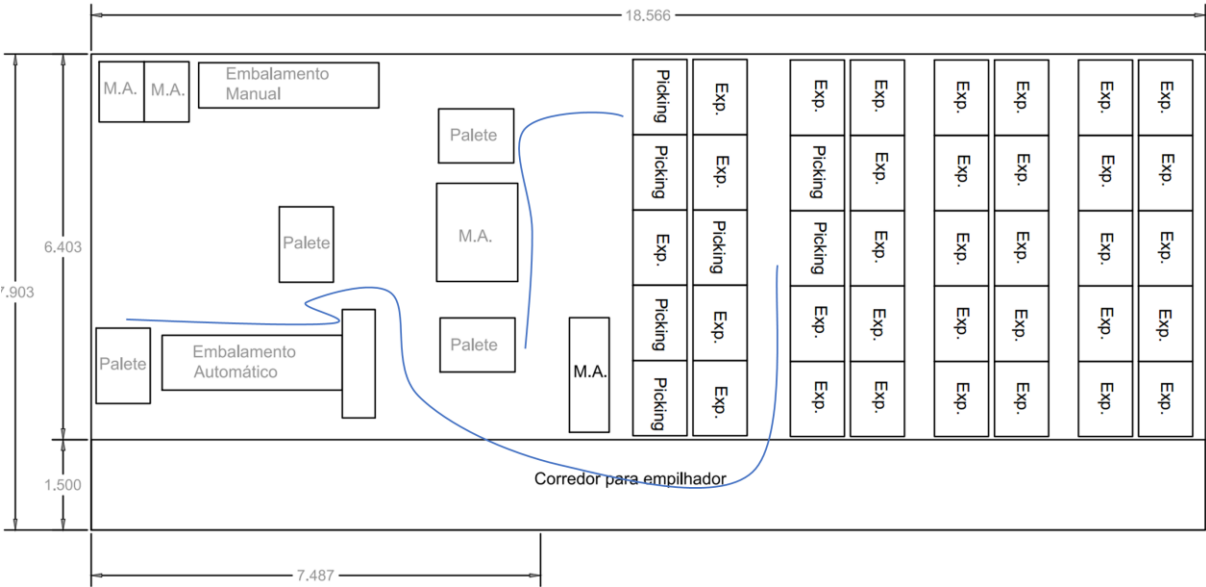


Figura 64 – Diagrama de esparguete da zona de embalagem (CAD).

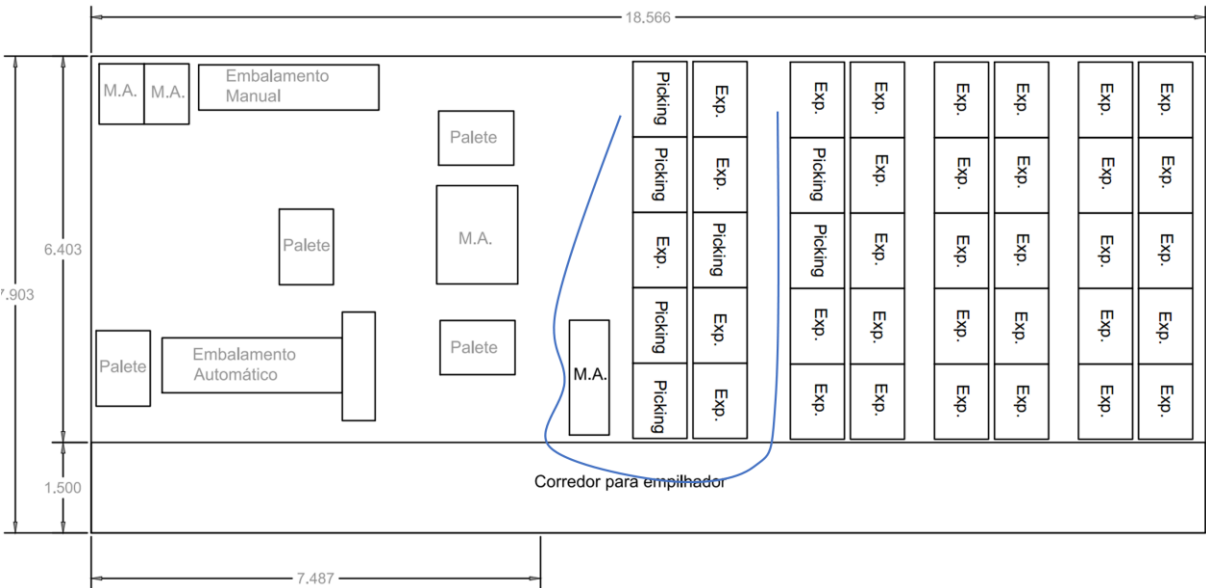


Figura 65 - Estado inicial da zona de expedição (CAD).

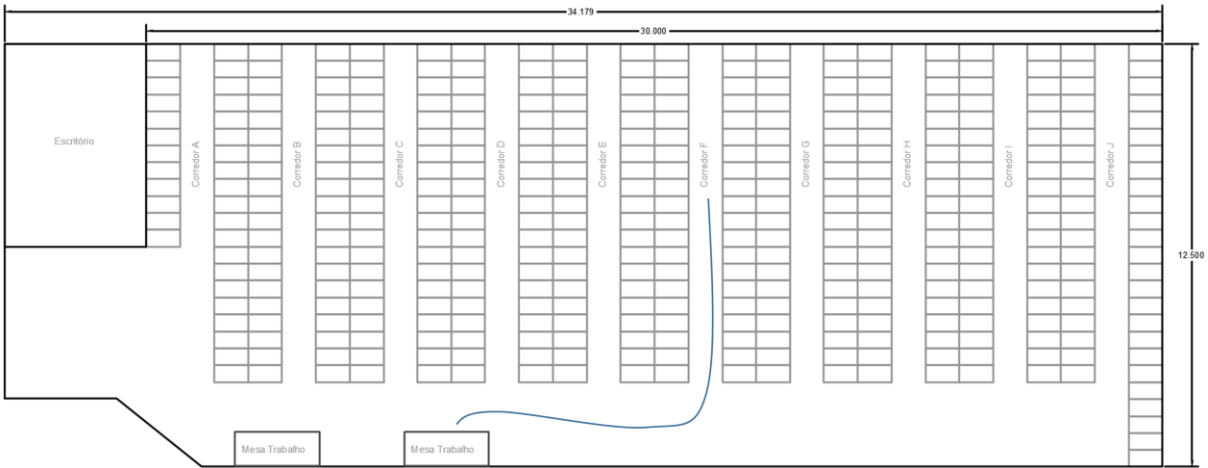


Figura 66 - Layout do armazém de especialidades.



Figura 67 - Estado final da zona de embalagem (CAD).

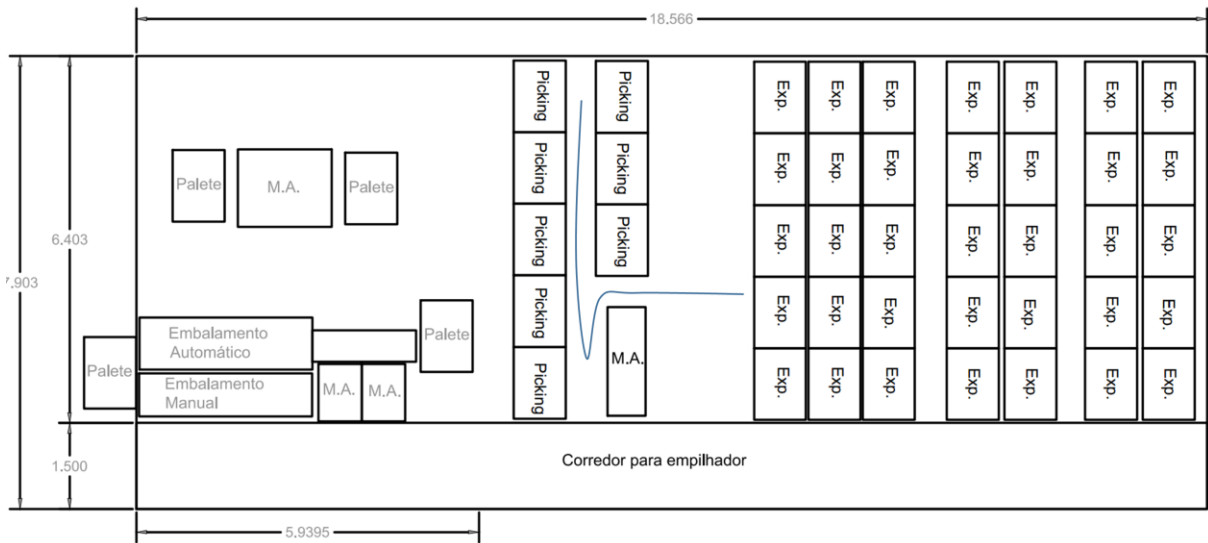


Figura 68 - Estado final da zona de expedição (CAD).

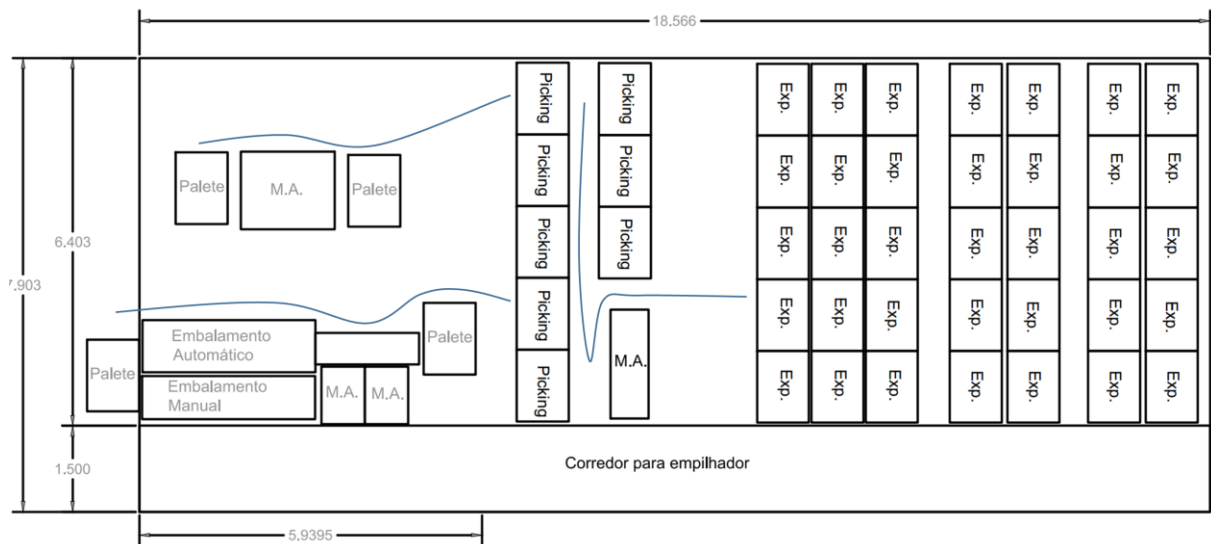


Figura 69 - Estado final do setor de embalagem e expedição.

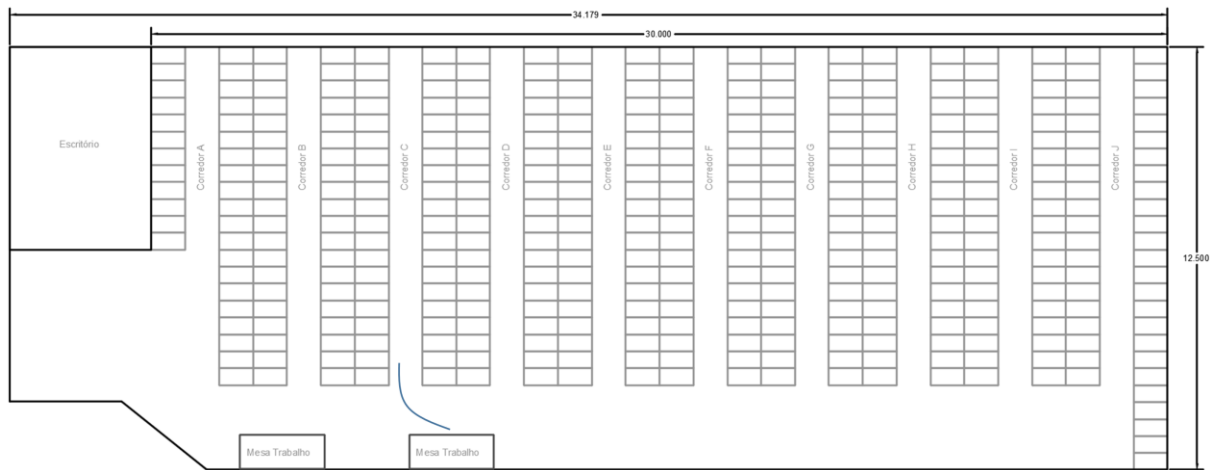


Figura 70 - Distância ao produto mais vendido.

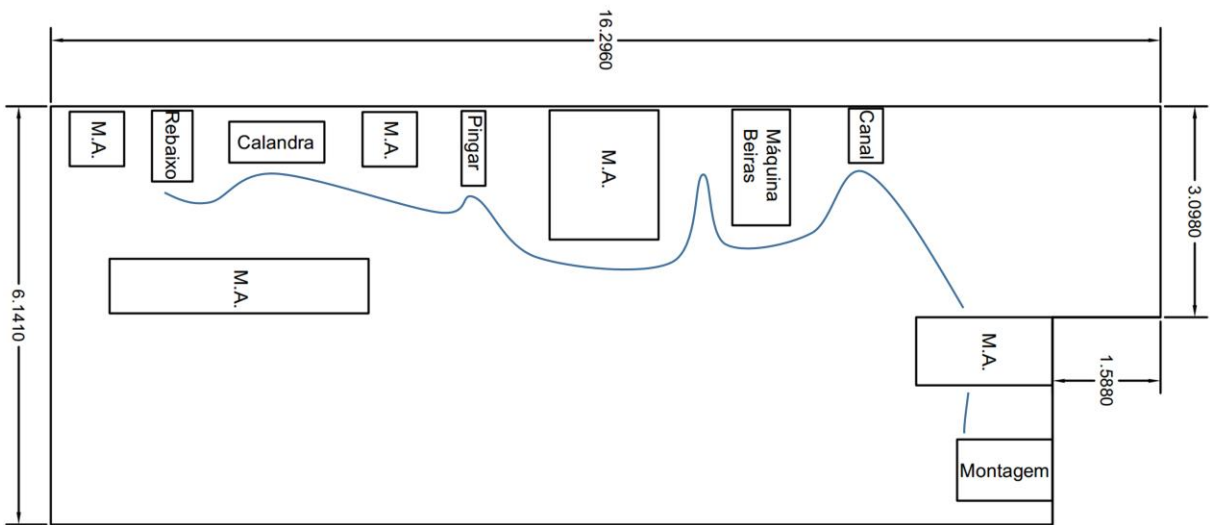


Figura 71 - Diagrama esparguete da secção de curvas médias e grandes.

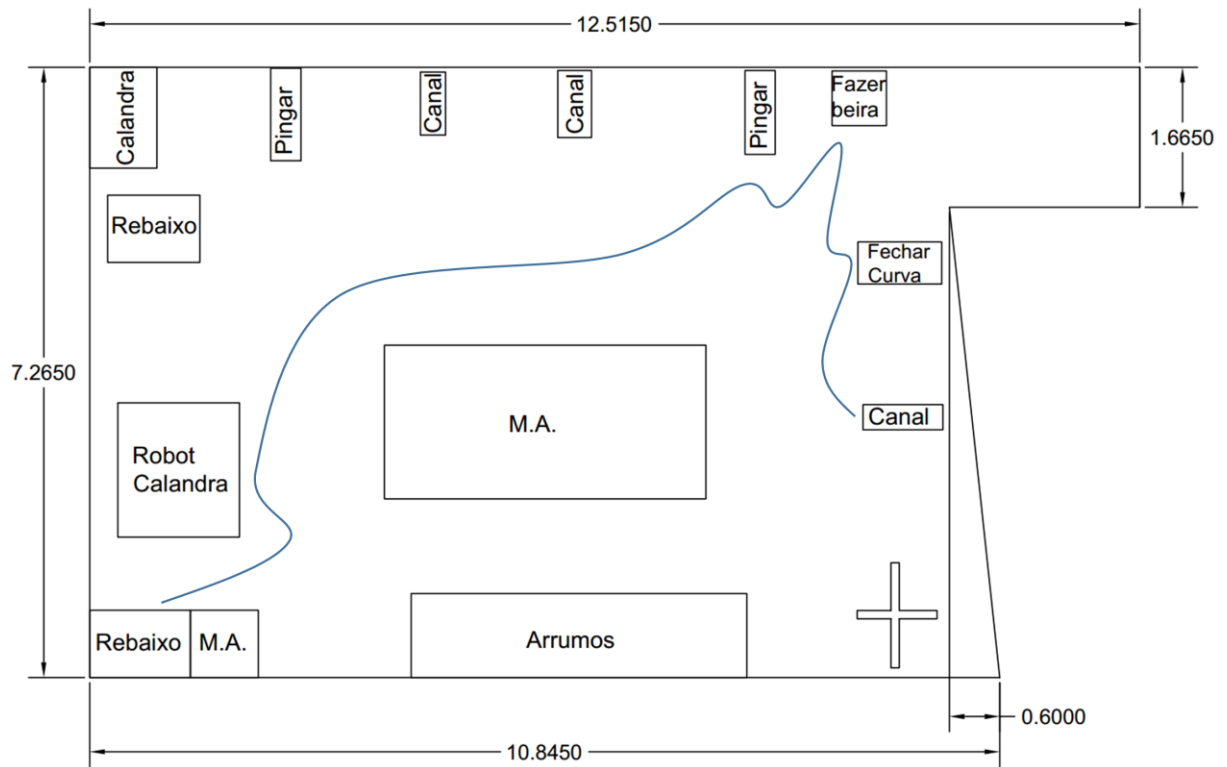


Figura 72 - Diagrama esparguete da secção de curvas pequenas.

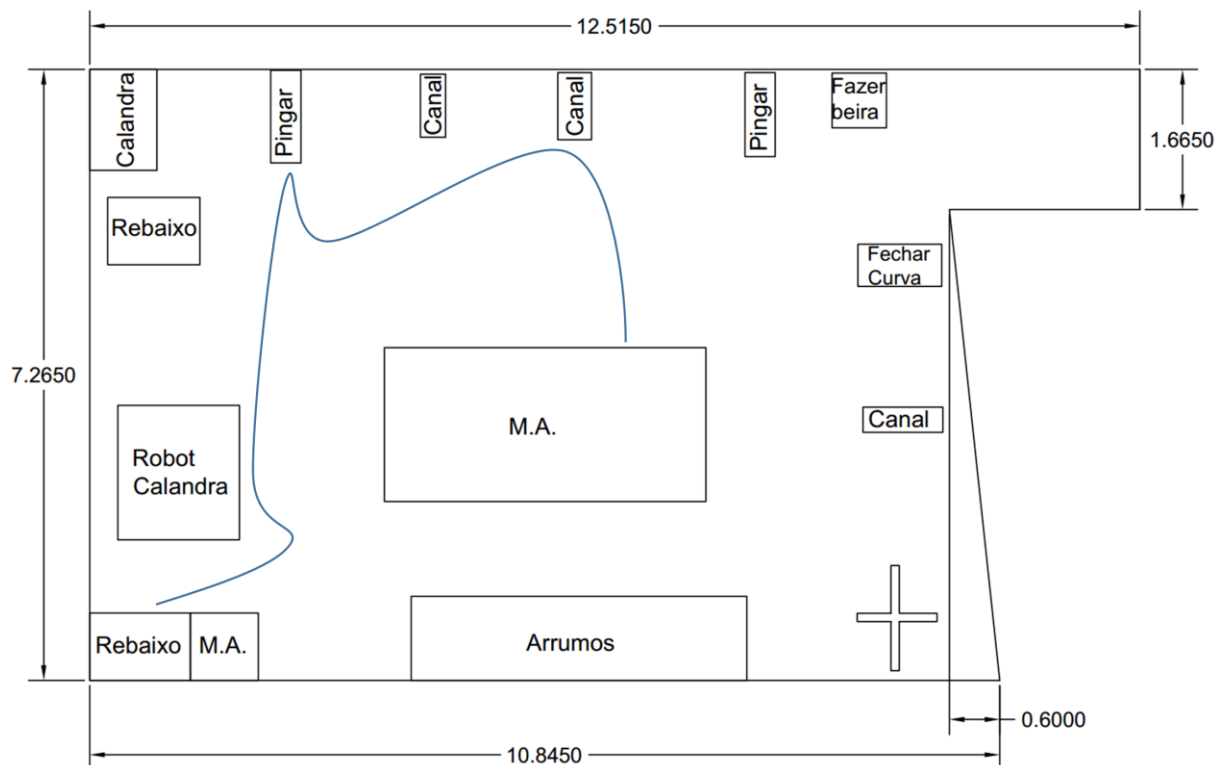


Figura 73 - Diagrama esparguete da secção de uniões.

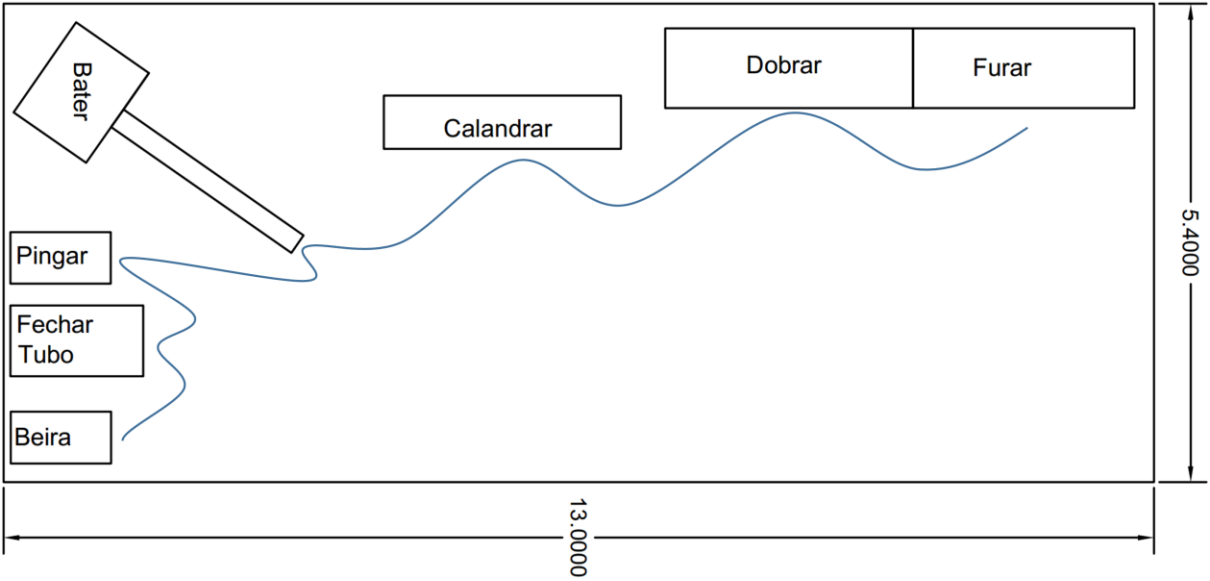


Figura 74 - Diagrama esparguete da secção de tubo calandrado.

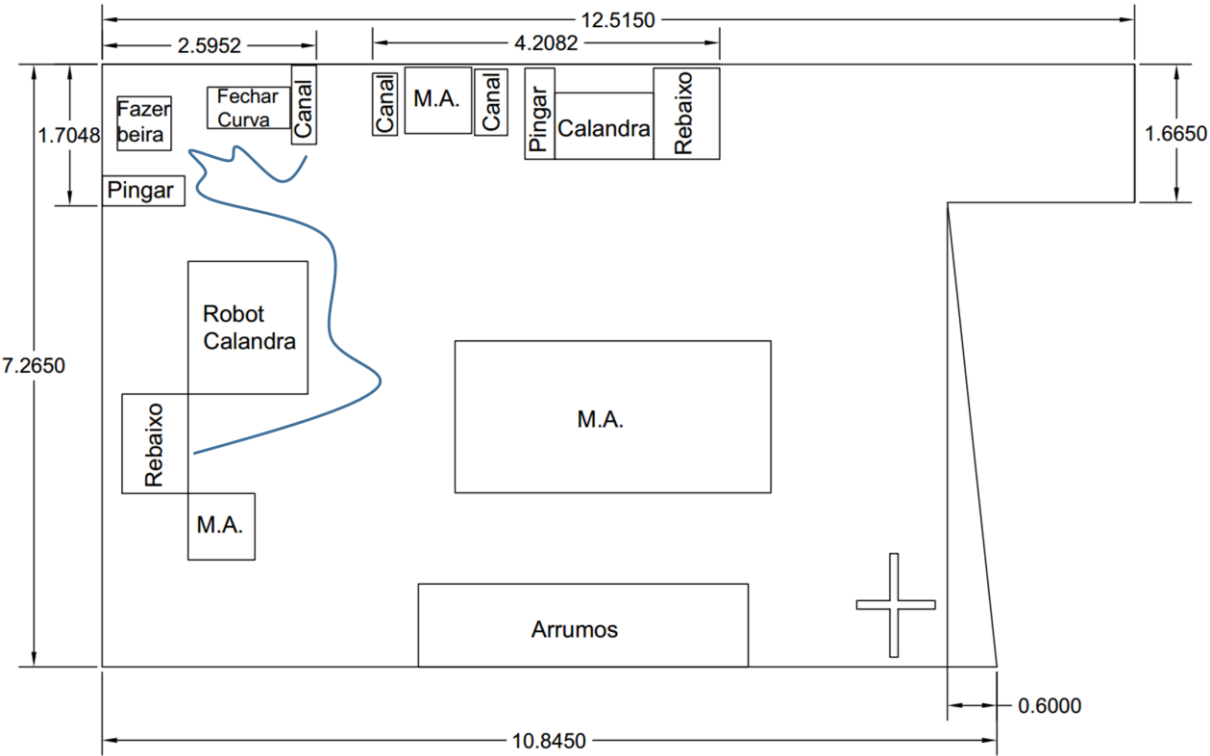


Figura 75 - Estado final da secção de curvas pequenas (CAD)

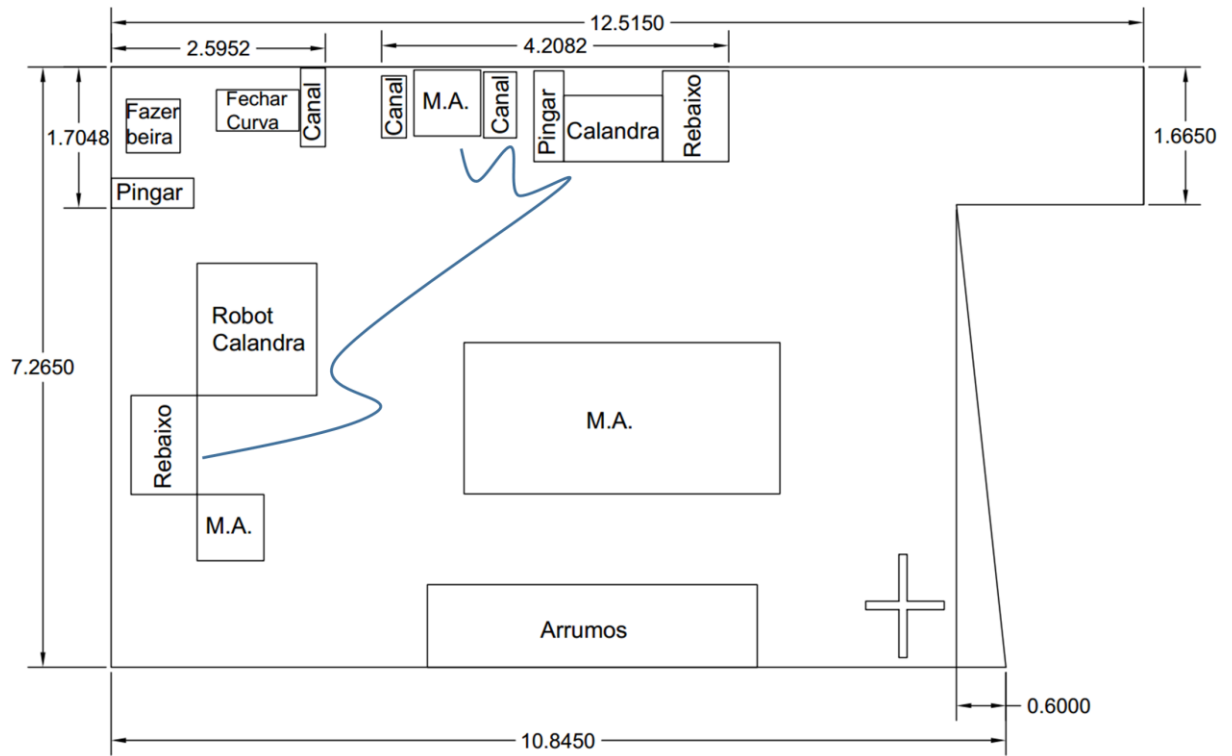


Figura 76 - Estado final da secção de uniões.

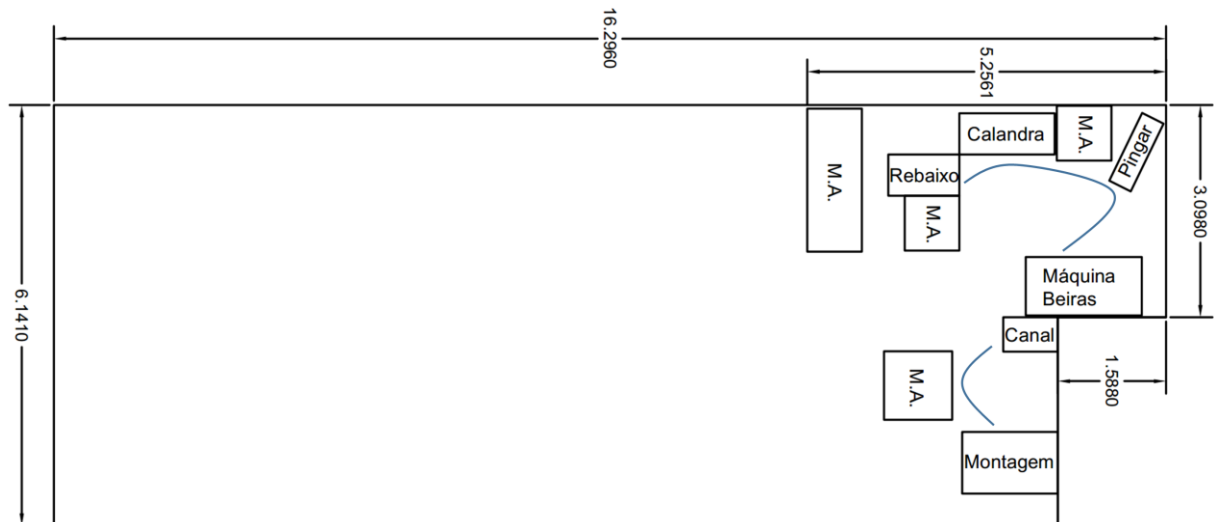


Figura 77 – Estado final da secção de curvas médias e grandes (CAD).

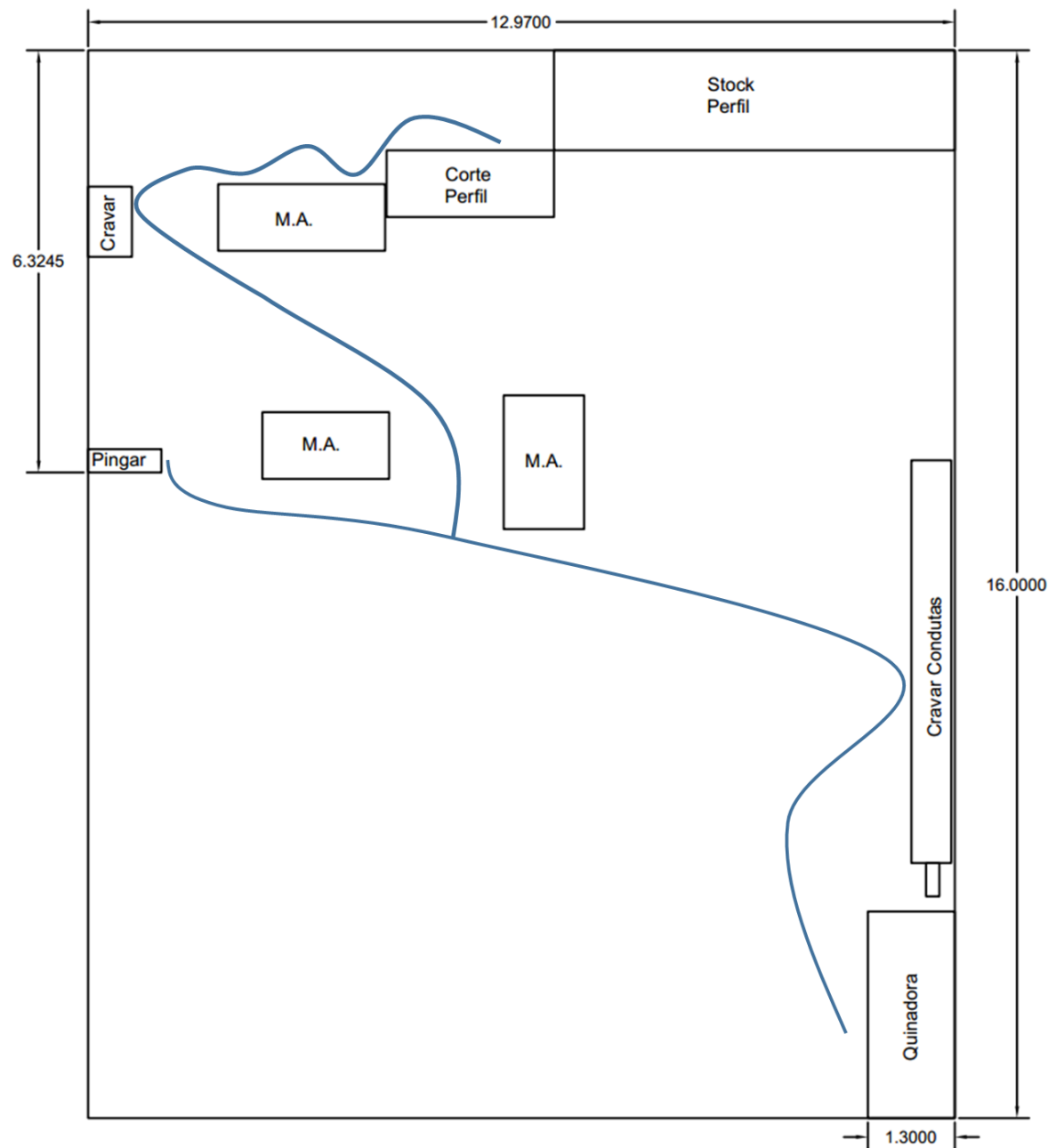


Figura 78 - Diagrama esparguete da secção de condutas retangulares.



ANEXO G: Análise de pareto

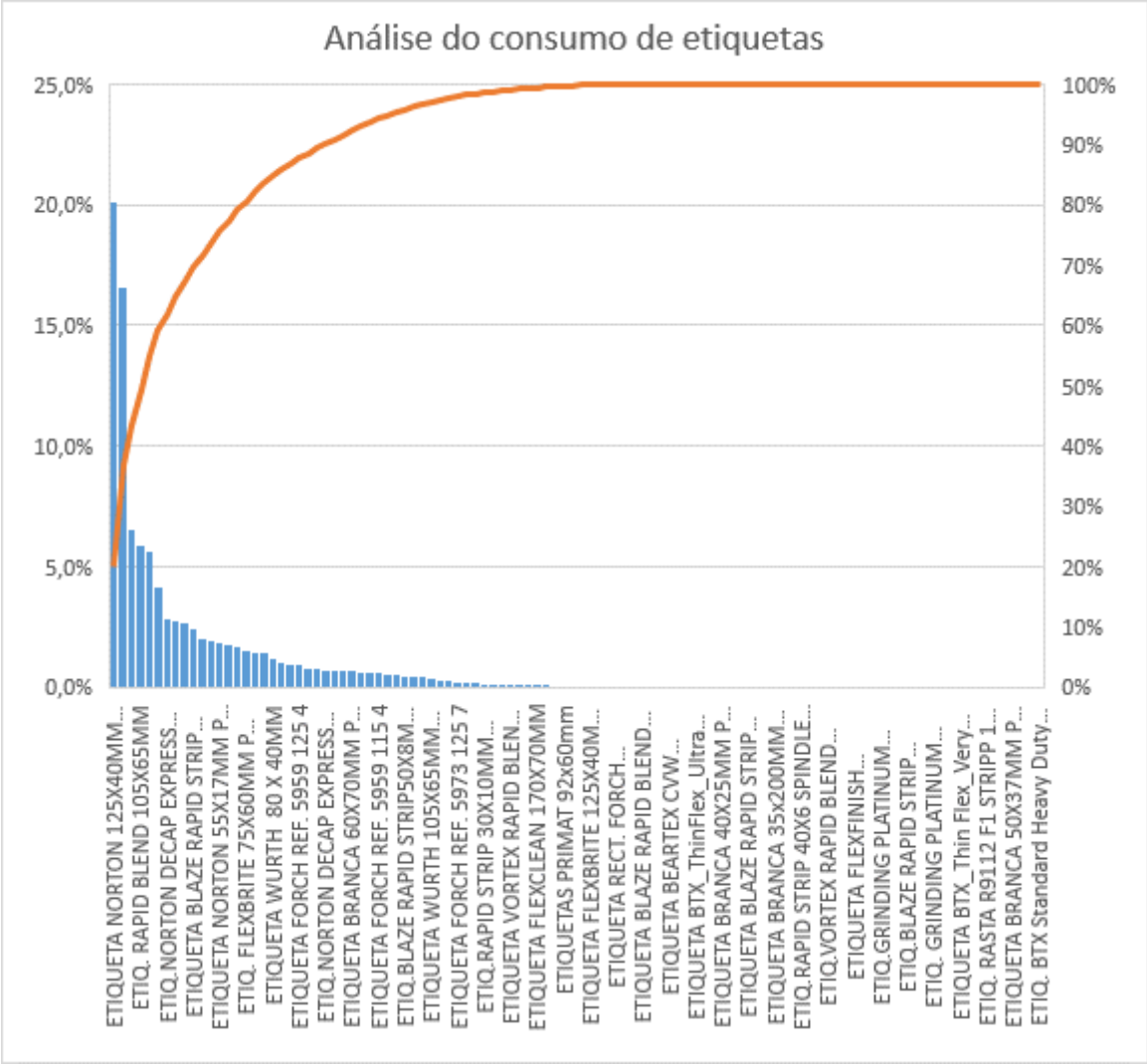


Figura 79 – Análise pareto relativo ao consumo de etiquetas.

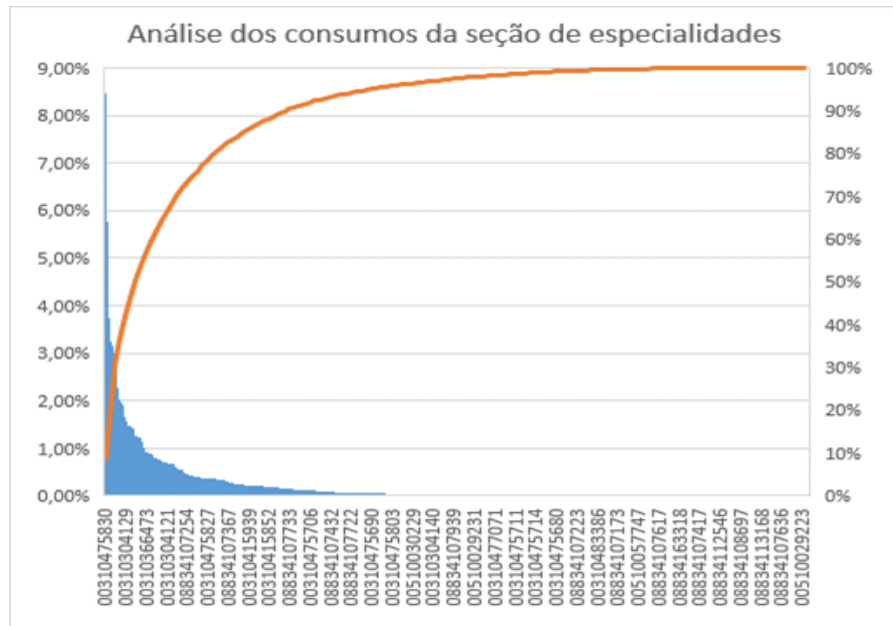


Figura 80 - Análise de pareto relativo ao consumo de matéria-prima.

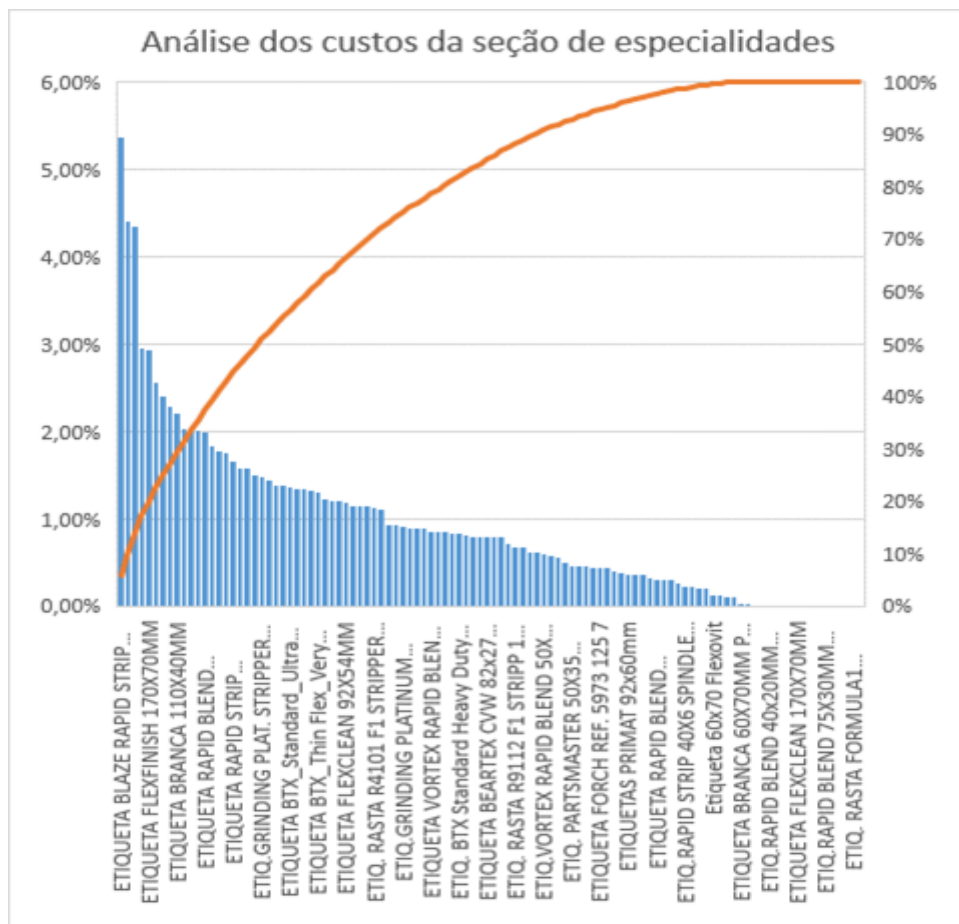


Figura 81 - Análise de pareto relativo ao custo de matéria-prima.

## ANEXO H: Kanbans

<p><b>Kanban</b></p>  <p>Material: 510109443 Ref: NORTON LABEL 40X125MM P/MBR</p> <p>Nº etiquetas por rolo: 2000 Ponto Encomenda (rolos): 2 Quantidade Encomenda: 20 000</p>	<p><b>Kanban</b></p>  <p>Material: 510109444 Ref: FLEXOVIT LABEL 40X125MM P/MBR</p> <p>Nº etiquetas por rolo: 2000 Ponto Encomenda (rolos): 4 Quantidade Encomenda: 20 000</p>
---	---

Figura 82 - Exemplo de Kanbans para a etiquetas.

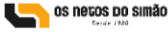
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div> <p>Cód.: <u>02CSG09000160</u></p> <p>Desc.: <u>Curva Spiro Galvanizado 90º mm ø 160 mm</u></p> <table border="1" style="width: 100%; text-align: center; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Peça</th> <th>Diâmetro</th> <th>Ângulo</th> <th>Tipo</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><b>Curva</b></td> <td><b>160</b></td> <td><b>90</b></td> <td><b>Spiro</b></td> </tr> </tbody> </table> <p><b>Quantidade a produzir: 20</b></p> <p>Stock máx.: 40</p> <p style="text-align: right; font-size: small;">Cartão Kanban</p> </div> <div style="text-align: right;">  </div> </div>	Peça	Diâmetro	Ângulo	Tipo	<b>Curva</b>	<b>160</b>	<b>90</b>	<b>Spiro</b>	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div> <p>Cód.: <u>02CSG09000200</u></p> <p>Desc.: <u>Curva Spiro Galvanizado 90º mm ø 200 mm</u></p> <table border="1" style="width: 100%; text-align: center; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Peça</th> <th>Diâmetro</th> <th>Ângulo</th> <th>Tipo</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><b>Curva</b></td> <td><b>200</b></td> <td><b>90</b></td> <td><b>Spiro</b></td> </tr> </tbody> </table> <p><b>Quantidade a produzir: 35</b></p> <p>Stock máx.: 85</p> <p style="text-align: right; font-size: small;">Cartão Kanban</p> </div> <div style="text-align: right;">  </div> </div>	Peça	Diâmetro	Ângulo	Tipo	<b>Curva</b>	<b>200</b>	<b>90</b>	<b>Spiro</b>
Peça	Diâmetro	Ângulo	Tipo														
<b>Curva</b>	<b>160</b>	<b>90</b>	<b>Spiro</b>														
Peça	Diâmetro	Ângulo	Tipo														
<b>Curva</b>	<b>200</b>	<b>90</b>	<b>Spiro</b>														

Figura 83 - Cartão kanban para produção.

## ANEXO I: Tabelas de comparação de KPI's (Saint-Gobain Abrasivos)

Tabela 14 - Comparação dos KPI's da secção de embalagem.

	Estado inicial	Estado final	Evolução
<i>Tempo médio por disco (s)</i>	12,24	10,81	<b>11,7%</b>
<i>Área ocupada (m<sup>2</sup>)</i>	79,03	50,61	<b>36,0%</b>
<i>Tempo médio diário a enrolar etiquetas (s)</i>	3 683	745,25	<b>79,8%</b>
<i>Número de falhas médias mensais</i>	3	0,33	<b>89,0%</b>
<i>Stock de etiquetas</i>	647 840	395 000	<b>39,0%</b>
<i>Nº de funcionários fixos</i>	3	2	<b>33,3%</b>

Tabela 15 - Comparação dos KPI's da secção de expedição.

	Estado inicial	Estado final	Evolução
<i>Tempo médio por picking</i>	156,12	120,40	<b>22,9%</b>
<i>Nº de paletes máximo</i>	28	41	<b>46,4%</b>
<i>Área ocupada (m<sup>2</sup>)</i>	67,70	96,12	<b>42,0%</b>

Tabela 16 - Comparação dos KPI's do armazém de especialidades.

	Estado inicial	Estado final	Evolução
<i>Distância percorrida média anual (m)</i>	72 872	36 124	<b>50,4%</b>
<i>Nº posições ocupadas</i>	825	512*	<b>37,9%</b>

\* Referente apenas à secção do supermercado.

## ANEXO J: Tabelas de comparação de KPI's (Os Netos do Simão)

Tabela 17 - Comparação dos KPI's da secção de curvas pequenas.

	Estado inicial	Estado final	Evolução
<i>Tempo médio por curva (s)</i>	173,20	138,88	20,4%
<i>Tempo até saída da última peça (s)</i>	1039,21	827,28	20,4%
<i>Tempo até saída da primeira peça (s)</i>	917,42	138,88	85,0%
<i>Stock em curso (topos e gomos)</i>	110	4	96,4%
<i>Área ocupada (m<sup>2</sup>)</i>	19,87	4,06	79,6%

Tabela 18 - Comparação dos KPI's da secção de curvas médias e grandes.

	Estado inicial	Estado final	Evolução
<i>Tempo médio por curva (s)</i>	149,26	108,83	27,8%
<i>Tempo até saída da última peça (s)</i>	2388,18	1725,25	27,8%
<i>Tempo até saída da primeira peça (s)</i>	2075,75	285,79	86,2%
<i>Tempo total de operação (s)</i>	3675,38	1931,64	47,5%
<i>Stock em curso (topos e gomos)</i>	920	8	99,1%
<i>Área ocupada (m<sup>2</sup>)</i>	50,50	18,59	63,2%
<i>Tempo de setup (s)</i>	25,19+13,51	4,37	88,7%

Tabela 19 - Comparação dos KPI's do armazém.

	Estado inicial	Estado final	Evolução
<i>Nº de posições no armazém</i>	60	39	35%
<i>Stock atual das curvas B e C</i>	496	0	100,0%
<i>Stock total de curvas A</i>	366	946*	158,5%
<i>Stock total de curvas</i>	862	946*	-9,7%

\*Este valor corresponde ao *stock* máximo de todos os produtos, sendo normalmente mais baixo.

ANEXO K: Cálculo de *stock* de segurançaTabela 20 – Cálculo de *stocks* segurança

Material	Ref. Português	Total	% Consumo	% Acumulado	Pareto	Média	Desvio- Padrão	<i>Stock</i> mínimo	<i>Stock</i> Segurança
510109443	ETIQUETA NORTON 125X40MM P/MBR	192970	20,1%	20,1%	A	660	168	6600	5202
510109444	ETIQUETA FLEXOVIT 125X40MM P/MBR	159447	16,6%	36,8%	A	545	268	5451	8271
510110435	ETIQUETA VORTEX RAPID BLEND 105X65MM	62911	6,6%	43,3%	A	216	140	2157	4332
510110363	ETIQ. RAPID BLEND 105X65MM	56267	5,9%	49,2%	A	191	122	1908	3765
510118257	ETIQ.BLAZERAPIDSTRIP 105X65 PRÉ-IMPRESSA	54500	5,7%	54,9%	A	185	145	1854	4473
510109436	ETIQUETA BRANCA 40X150MM P/MBR	39689	4,1%	59,0%	A	134	267	1338	8243
510120719	ETIQ.NORTON DECAP EXPRESS WOOD Ø125	27718	2,9%	61,9%	A	95	80	955	2458
510111460	ETIQUETA BRANCA 110X40MM	26340	2,7%	64,7%	A	90	86	898	2647

Tabela 21 – Média e desvio-padrão para os produtos de especialidades

<b>Material</b>	<b>Referência</b>	<b>% Consumo</b>	<b>% Acumulado</b>	<b>Pareto</b>	<b>Média</b>	<b>Desvio- Padrão</b>
<b>08834107150</b>	SPE ZMD 2" ARX02 MER P80 LTR <CR> SL3	8,47%	8,47%	A	1879	1688
<b>08834107146</b>	SPE ZMD 2" ARY19 MER P36 LTR <CR> SL3 +	3,99%	12,47%	A	878	827
<b>00310415847</b>	SPE ZMD 2" R884P NOR 36 LTB SL3	3,74%	16,21%	A	823	484
<b>00310415849</b>	SPE ZMD 2" R884P NOR 60 LTB SL3	3,25%	19,46%	A	716	371
<b>00310415850</b>	SPE ZMD 2" R884P NOR 80 LTB SL3	3,17%	22,64%	A	704	799
<b>08834107390</b>	DIB ZMD 2"x0" S2308 MER AOME SL3 MA RPR+	3,03%	25,67%	A	672	471
<b>08834107391</b>	DIB ZMD 2"x0" S2208 MER AOCR SL3 BN RPR+	2,78%	28,44%	A	602	399
<b>08834107260</b>	SPE ZMD 2" ZRX07 MER C80 LTR <CR> SL3	2,28%	30,72%	A	492	684
<b>08834107256</b>	SPE ZMD 2" ZRX07 MER C36 LTR <CR> SL3	2,05%	32,76%	A	447	225
<b>00310415848</b>	SPE ZMD 2" R884P NOR 40 LTB SL3	1,97%	34,73%	A	434	296
<b>08834107775</b>	SPE ZPE 3/8"x1-1/2"x1/8" R228 MER C80 1+	1,92%	36,65%	A	426	336
<b>00310475826</b>	SF SPE ZMD 2" YP0998W MER P36 LTR SL3	1,80%	38,45%	A	1268	717
<b>00510029253</b>	ZMD Strippadiscs S/C COA 50blank	1,67%	40,12%	A	364	277
<b>00310304129</b>	SF SPE ZMD 2" R980P NOR C36 LTYH <CR> S+	1,57%	41,69%	A	345	195
<b>08834107787</b>	SPE ZPE 1/4"x1-1/2"x1/8" R228 MER C80 1+	1,49%	43,18%	A	328	302
<b>00310304131</b>	SF SPE ZMD 2" R980P NOR C60 LTYH <CR> S+	1,49%	44,67%	A	329	253
<b>08834108563</b>	SPE ZMD 2" ZRX07 MER C60 LTR <CR> SL3	1,45%	46,12%	A	321	243
<b>08834107149</b>	SPE ZMD 2" ARX02 MER P60 LTR <CR> SL3	1,42%	47,54%	A	309	254